ilmu konstruksi bangunan 1

Heinz Frick

Buku ini dinyatakan layak untuk dipergunakan di sekolah dan tercantum dalam lampiran Surat Edaran Dirjen Pendidikan Dasar dan Menengah No. 14/C.C6/PT/1999 tertanggal 4 Januari 1999.

PENERBIT KANISIUS

HEINZ FRICK

ilmu konstruksi bangunan 1

Ilmu konstruksi bangunan 1
028023
© Kanisius 1980

PENERBIT KANISIUS (Anggota IKAPI)
Jl. Cempaka 9, Deresan, Yogyakarta 55281
Kotak Pos 1125/Yk, Yogyakarta 55011
Telepon (0274) 588783, 565996, Fax (0274) 563349
E-Mail: office@kanisius.co.id
kanissrn@yogya.wasantara.net.id

Cetakan ke- 17 16 15

Tahun 03 02 01

ISBN 979-413-190-3

Hak Cipta dilindungi Undang-undang.
Dilarang memperbanyak karya tulis ini dalam bentuk dan dengan cara apa pun, termasuk fotokopi, tanpa izin tertulis dari penerbit.

Dicetak oleh Percetakan Kanisius Yogyakarta

Kata pengantar

Ilmu konstruksi bangunan merupakan langkah pertama pendidikan seorang arsitek. Sebuah rencana yang matang dan mantap, betapapun kecilnya rencana itu, menuntut pengetahuan tentang kemungkinan-kemungkinan yang ada dalam konstruksi. Pergumulan dengan masalah konstruksi itu tidak berhenti dengan selesainya studi seorang arsitek. Masalah itu akan selalu mengikutinya dalam seluruh kehidupan profesinya. Pembaharuan datang silih berganti, bidang konstruksi bangunan menjadi makin lama makin rumit. Pengalaman-pengalaman yang kurang baik akan mendorong seorang arsitek untuk lebih memperdalam pengetahuan serta meningkatkan kemampuannya. Atas dasar pertimbangan tersebut, maka buku ini bukan dimaksudkan sebagai buku pelajaran bagi para mahasiswa arsitektur, melainkan sebagai buku pegangan tentang konstruksi bangunan bagi semua orang, yang berkecimpung dalam bidang bangunan: arsitek, insinyur, pemborong bangunan dan karyawan.

Buku ini berisi tuntutan sehari-hari yang kita hadapi dalam praktek dan dalam studi yang menunjang praktek. Sering pengetahuan dan kemampuan teknis diharapkan dapat timbul secara spontan. Tetapi hal itu hanya dapat terjadi, kalau kita telah mempelajari konstruksi-konstruksi dasar secara mendalam, dan dari titik tolak itu kita berusaha memikir dan merencanakan sendiri. Maka semua perkembangan dan pembaharuan teknis hanya merupakan tunas-tunas baru pada pokok utama. Bangunan harus dipahami melalui permainan gaya pada suku-sukunya, melalui sifat-sifat khusus semua bagiannya serta susunannya dan melalui bangunan sebagai keseluruhan. Buku ini berusaha menemukan dan menunjukkan pedoman atau penuntun tentang semua bidang konstruksi. Oleh sebab itu secara sadar ditampilkan konstruksi dan contoh-contoh yang istimewa.

Sebuah negara dengan tugas pembangunan nasional mahabesar seperti Indonesia, dalam segala bidang hendaknya pertama-tama membatasi diri pada yang esensial saja. Dalam hampir semua jangkauan bidang bangunan ada keharusan untuk mencapai batas minimum atau optimum. Dengan kata lain: pada dasar konstruksi bangunan masa kini, terletak masalah kita pada masa yang akan datang, seperti pengembangan penyelesaian yang lebih cepat dan sederhana; penyempurnaan bahan konstruksi yang sudah ada dan pengembangan yang baru; kerja sama interdisipliner bidang-bidang yang bersangkutan.

Dalam buku ini, yang demi praktisnya dijadikan dua jilid tetapi merupakan satu kesatuan, bidang-bidang tertentu dalam ilmu bangunan juga disajikan untuk memperkokoh pengertian konstruksi dalam hubungannya dengan bahan. Beberapa bidang yang sebetulnya harus dimuat dalam buku ini, secara sadar tidak dicantumkan. Terutama perlu disebutkan bidang fisika bangunan yang cukup luas (perlindungan terhadap kelembaban, terhadap gema dan panas, perlindungan bangunan dan perlin-

dungan terhadap getaran). Penyusun buku ini mengharap pada waktunya dapat menulis buku tentang fisika bangunan.

Kepada semua saja yang telah membantu kami dalam penyelesaian buku ini dengan saran dan nasihat, kami ucapkan terima kasih, terutama B.G. Teubner Verlag, Stuttgart dengan buku *'Baukonstruktionslehre 1 + 2'* dari Frick/Knöll/Neumann; Penerbitan Dr. Pfanneberg + Co. dengan buku *'Die Baustellenpraxis'* dari Hugo Ebinghaus; Otto Maier Verlag Ravensburg dengan buku *'Schalungen im Betonbau'* dari Haeberlen/Kress; Friedrich Vieweg + Sohn Verlagsgesellschaft mbH Wiesbaden dengan buku *'Hochbaukonstruktion'* dari Schmitt; Intermediate Technology Publications Ltd. London dengan buku *'A Manual of Building Construction'* dari Dancy; serta penyampaian copyright-copyright; para mahasiswa ITKS — Institut Teknologi Katolik Semarang: Eko Susanto, Eddy Irwanto, Meryana, Diah Ayu Retno, Soejoto Soewadi, Heroe Sadono, Thomas Sunarto, Yulie Hardanti, F. Nur Wibisono, Yudi Prasinto, Marinsky, Rini Djoemhani dan Marsangkap, yang telah memberikan bantuan dengan pekerjaan mereka dalam bagian-bagian tertentu. Juga kami sampaikan terima kasih atas dorongan dan dukungan dari Ir. J.F. Sunandar, Ir. Tony Chandrawinata dan Ir. Poey Lok Wan, dosen-dosen di ITKS, Br. P. Wiederkehr SJ dan Sdr. I. Susmadi, pimpinan PIKA — Pendidikan Industri Kayu Atas, dan Ir. Markus Krapf, ahli listrik, kemudian perusahaan-perusahaan di Indonesia dan Eropa atas keterangan-keterangan serta pemberian bahan-bahan dokumentasi. Saya menunjuk juga pada bab 14.2. daftar ilustrasi pada penutup buku ini.

Buku, yang terbit karena dorongan ITKS, dapat dicetak juga berkat subsidi/bantuan keuangan dari Liechtenstein Development Service, Vaduz, Principality of Liechtenstein.

Kami menantikan saran dan usul ke arah perbaikan, yang pasti akan timbul setelah penggunaan buku ini, dengan tangan terbuka dan dengan senang hati, baik dikirim kepada Penerbitan Yayasan Kanisius, Yogyakarta, maupun kepada pengarang: Ir. Heinz Frick, P.O. Box 113, 9491 Ruggell, Principality of Liechtenstein, Eropa.

Ruggell dan Semarang, Pebruari 1980

Ir. Heinz Frick

Isi buku:

jilid 1, halaman:

1. **Pekerjaan pendahuluan** 19

1.1. Proyek bangunan 19
1.1.1. Perencanaan 19
a) Pra-rencana proyek 19
b) Gambar proyek 19
c) Gambar bangunan 20
1.1.2. Izin bangunan 20
a) Pemberian izin bangunan 20
b) Tidak perlu izin bangunan 20
c) Larangan mendirikan/mengubah bangunan 21
d) Permohonan izin bangunan 21
e) Putusan suatu permohonan izin bangunan 21
f) Penolakan suatu izin bangunan 22
g) Pencabutan suatu izin bangunan 22
h) Tersedianya surat izin 22
1.1.3. Uang bangunan 22
a) Tidak dipungut uang bangunan 22
b) Dispensasi uang bangunan 23
c) Besarnya uang bangunan 23
1.1.4. Hubungan kerja antara ahli dan pemberi tugas 23
a) Pengertian ahli dan pemberi tugas 24
b) Luas lingkup pekerjaan ahli 24
c) Tanggung jawab dan wewenang ahli 24
d) Hak atas honorarium ahli 25
e) Pengertian biaya pembangunan dan biaya instalasi sebagai dasar penentuan honorarium ahli 27

1.2. Penyelidikan tanah 27
1.2.1. Pengetahuan dasar 27
1.2.2. Macam-macam keadaan tanah 27
a) Batu gunung 27
b) Tanah yang tidak liat 28
c) Tanah yang liat 28
1.2.3. Cara-cara pelaksanaan penyelidikan tanah 28
a) Bor tangan 28

b) Sumur percobaan 29
c) Pemboran dengan mesin 29
d) Paku bumi percobaan 30
1.3. Persediaan tempat bangunan 31
1.3.1. Persiapan tempat bangunan 31
1.3.2. Instalasi tempat bangunan 33
1.3.3. Pemasangan boplang 33

2. Pekerjaan tanah 35

2.1. Penggalian tanah 35
2.1.1. Penggalian humus 35
2.1.2. Penggalian lubang bangunan 35
2.1.3. Macam-macam mesin penggali 35
a) Traktor 36
b) Mesin keruk 36
2.2. Dinding penumpu dan keamanan pekerjaan galian 38
2.2.1. Pengetahuan dasar 38
2.2.2. Pencegahan longsoran 38
2.2.3. Dinding penumpu 39
a) Dinding penumpu lubang bangunan 39
b) Dinding penumpu parit saluran pipa air kotor 39
2.2.4. Dinding bendungan 42
a) Dinding bendungan dari kayu 42
b) Dinding bendungan dari baja 44
c) Dinding bendungan dari baja untuk parit saluran pipa air kotor 44

3. Pondasi 46

3.1. Pengetahuan dasar 46
3.1.1. Guna dan arti pondasi 46
3.1.2. Macam-macam kemungkinan pondasi 46
a) Keadaan tanah yang kering 46
b) Keadaan tanah yang basah 47
c) Pondasi di dalam air 47
3.1.3. Bahan bangunan pondasi 48
a) Pondasi batu kali 48
b) Pondasi batu buatan 49
c) Pondasi beton 49
d) Pondasi beton bertulang 49

3.1.4. Penentuan ukuran pondasi minimal 50
a) Dalamnya pondasi 50
b) Lebarnya pondasi 51
3.1.5. Kekokohan landasan 51
3.2. Pondasi umpak dan pondasi jalur 52
3.2.1. Pondasi umpak 52
3.2.2. Pondasi jalur 54
3.3. Pondasi pelat beton bertulang 55
3.4. Pondasi paku bumi 56
3.4.1. Paku bumi pelantak 56
a) Pengentak tangan 57
b) Pengentak diesel 58
c) Paku bumi pelantak kayu 60
d) Paku bumi pelantak profil baja 61
e) Paku bumi pelantak beton 61
3.4.2. Paku bumi pemboran 63
3.4.3. Salaian-salaian paku bumi 65
3.5. Pencegahan rayap 66
3.5.1. Pencegahan pada lapangan berawa-rawa 66
3.5.2. Pencegahan pada lapangan yang kering 67
a) Bangunan berkonstruksi kayu 67
b) Bangunan berkonstruksi batu 68

4. Kanalisasi (drainase) 71

4.1. Pengetahuan dasar 71
4.1.1. Macam-macam saluran 71
a) Air hujan 71
b) Air kotor manusia 71
c) Air kotor industri, pabrik dsb. 72
4.1.2. Sistem-sistem saluran 72
a) Sistem pengurasan 72
b) Sistem ganda 72
c) Selokan terbuka 72
4.1.3. Peraturan-peraturan bangunan 73
4.2. Bahan saluran 73
4.2.1. Pipa beton 73
4.2.2. Pipa keramik (tanah) 74
4.2.3. Pipa keramik dengan lapisan tembikar 75
4.2.4. Pipa-pipa yang lain 75

4.3. Konstruksi saluran ... 76
4.3.1. Pemasangan pipa saluran ... 76
4.3.2. Sambungan-sambungan pipa saluran ... 77
a) Sambungan-sambungan pipa keramik ... 77
b) Sambungan-sambungan pipa beton ... 77
c) Sambungan-sambungan pada pipa yang lain ... 77
4.3.3. Sumur penampung dan sumur kontrol ... 78
a) Sumur penampung ... 78
b) Sumur penampung dengan penapis minyak dan bensin ... 79
c) Sumur kontrol ... 80
4.4. Proses pengolahan ... 81
4.4.1. Proses pengolahan sederhana ... 81
a) Septic tank ... 81
b) Sumur pengolahan ... 83
4.4.2. Proses pengolahan pada saluran umum kota ... 83
a) Proses pengolahan pertama secara mekanis ... 84
b) Proses pengolahan kedua, secara biologis ... 85
c) Proses pengolahan ketiga, pemecahan fosfat ... 86
d) Perawatan endapan ... 86
4.5. Tabel-tabel ... 87
4.5.1. Tabel-tabel penentuan ukuran pipa saluran ... 87
a) Penentuan ukuran minimal pada pipa lembahan ... 87
b) Penentuan ukuran minimal pada pipa air kotor yang vertikal ... 88
c) Penentuan ukuran minimal pada pipa saluran air hujan tertutup yang horisontal ... 88
d) Penentuan ukuran minimal pada pipa saluran air kotor tertutup yang horisontal ... 88
4.5.2. Tabel-tabel macam dan ukuran pipa saluran yang ada di perdagangan ... 89
a) Pipa beton ... 89
b) Pipa keramik dan pipa keramik dengan lapisan tembikar ... 90
c) Pipa dari asbes-semen ... 91
d) Pipa sintetik ... 94
4.6. Pembuangan sampah ... 95

5. Konstruksi dinding ... 97
5.1. Konstruksi dinding batu alam ... 97
5.1.1. Pengetahuan dasar ... 97
a) Pembedaan batu alam atas tegangannya ... 97
b) Pembedaan batu alam atas kejadiannya ... 97
5.1.2. Ketahanan batu alam ... 100
5.1.3. Pengeksploatasi dan persiapan batu alam ... 100
5.1.4. Aturan batu alam ... 101
a) Konstruksi dinding batu alam yang kering ... 102
b) Konstruksi dinding batu kali ... 102
c) Konstruksi dinding batu pecahan ... 102
d) Konstruksi dinding batu tarahan ... 102
e) Konstruksi dinding batu berlapis ... 103
f) Konstruksi dinding batu bata alam ... 103
g) Konstruksi dinding batu tercampur ... 104
5.1.5. Pembuatan lubang jendela busur dan segiempat ... 104
5.2. Konstruksi dinding beton ... 105
5.2.1. Pembuatan semen portland ... 105
a) Cara basah dengan dapur putar yang berbaring ... 105
b) Cara kering dengan dapur putar yang berbaring ... 106
c) Cara kering dengan dapur yang berdiri ... 108
5.2.2. Pengetahuan dasar tentang beton ... 109
5.2.3. Persiapan beton ... 111
a) Secara pekerjaan tangan ... 111
b) Secara masinal ... 112
c) Pekerjaan perawatan ... 114
5.2.4. Bekisting dinding dan kolom beton ... 116
a) Bekisting untuk dinding beton ... 117
b) Bekisting kolom ... 120
c) Bekisting dengan multiplex ... 121
5.3. Konstruksi dinding batu buatan ... 122
5.3.1. Bahan-bahan bangunan ... 122
a) Batu buatan yang dibakar (batu merah) ... 122
b) Batu buatan yang tidak dibakar (batako) ... 126
c) Bahan-bahan perekat pada lepa ... 130
d) Pengadukan lepa (mortar) ... 133
5.3.2. Aturan batu buatan ... 134
a) Aturan batu buatan yang dibakar ... 134
b) Aturan batu buatan yang tidak dibakar ... 138
5.3.3. Pembuatan lubang jendela busur dan segiempat ... 142

5.4. Pelapis dinding ... 144
5.4.1. Pelapis dinding batu alam ... 144
a) Pemasangan lapisan dinding batu alam rapat pada dinding ... 144
b) Pemasangan lapisan dinding batu alam yang diperanginkan ... 145
5.4.2. Pelapis dinding batu buatan ... 146
5.4.3. Pelapis dinding dengan pelat keramik ... 146
5.5. Konstruksi bangunan rangka ... 147
5.5.1. Konstruksi bangunan rangka kayu ... 147
a) Konstruksi rangka-rangka tersusun ... 147
b) Konstruksi rangka-rangka terusan ... 150
c) Konstruksi dinding rangka bambu ... 151
5.5.2. Konstruksi bangunan rangka baja ... 152
a) Konstruksi tumpuan dengan profil baja I ... 153
b) Konstruksi tumpuan dengan dua profil baja U ... 154
c) Konstruksi sambungan tingkat ... 154
d) Konstruksi silangan balok profil baja ... 155
e) Konstruksi sambungan tiang dan balok loteng dari baja ... 156
5.5.3. Konstruksi bangunan rangka beton bertulang ... 157

6. Konstruksi cerobong ... 158

6.1. Cerobong asap ... 158
6.2. Cerobong pembuangan udara ... 161

7. Konstruksi lantai dan loteng ... 164

7.1. Konstruksi lantai dari lapisan lantai ... 164
7.1.1. Lantai beton dan plesteran ... 164
7.1.2. Lapisan lantai ubin ... 165
a) Ubin semen portland ... 166
b) Ubin teraso ... 166
c) Ubin beton ... 167
d) Ubin keramik ... 167
e) Ubin batu alam ... 168
f) Ubin tahan asam, tahan minyak dan tahan alkali ... 168
7.1.3. Lapisan lantai kayu ... 169
a) Kerakal kayu ... 169

b) Lapisan lantai dari kayu (parket) ... 170
c) Konstruksi lantai kayu ... 170
7.1.4. Lapisan lantai permadani ... 170
7.1.5. Lapisan lantai sintetik ... 171
7.2. Konstruksi kubah ... 171
7.2.1. Konstruksi kubah tong ... 171
7.2.2. Konstruksi kubah bersilang ... 173
7.3. Konstruksi loteng beton bertulang ... 174
7.3.1. Pengetahuan dasar ... 174
a) Konstruksi pelat masif ... 175
b) Konstruksi pelat balok ... 175
c) Macam-macam konstruksi loteng menurut lapisannya ... 176
7.3.2. Bekisting loteng beton bertulang ... 177
a) Bekisting kayu ... 177
b) Bekisting asbes-semen gelombang ... 181
c) Bekisting seng bergelombang khusus ... 183
7.3.3. Baja tulangan ... 184
a) Batang baja tulangan ... 184
b) Jaringan baja tulangan ... 187
7.4. Konstruksi loteng kayu ... 189
7.4.1. Pasangan balok lantai dan balok loteng ... 189
7.4.2. Letak dan nama balok masing-masing ... 192
7.4.3. Konstruksi lantai dan pemasangan macam-macam langit-langit ... 193
a) Konstruksi lantai kayu ... 193
b) Langit-langit ... 195
c) Penahan suara ... 196

8. Konstruksi atap jilid II, halaman

8.1. Pengetahuan dasar ... 199
8.1.1. Kayu sebagai bahan bangunan ... 199
a) Sifat utama ... 199
b) Kadar air dan penyusutan kayu ... 200
c) Sifat keawetan kayu ... 201
d) Ukuran kayu dalam perdagangan di Indonesia ... 202
8.1.2. Bambu sebagai bahan bangunan ... 203
a) Sifat-sifat bambu ... 203
b) Pengawetan bambu ... 204
c) Penggunaan bambu ... 204

8.1.3. Macam-macam bentuk atap dan nama bagian satu per satu ... 206
a) Macam-macam bentuk atap ... 206
b) Nama bagian atap satu per satu ... 207
8.1.4. Alat-alat sambungan ... 208
a) Sambungan gigi tunggal ... 208
b) Paku ... 209
c) Sambungan-sambungan dengan baut ... 212
d) Sambungan-sambungan dengan baut pasak khusus ... 213
e) Sambungan-sambungan pasak cincin ... 217
f) Sambungan-sambungan bulldog connector ... 219
g) Sambungan-sambungan pelat paku ... 220
8.2. Konstruksi atap tradisional ... 222
8.2.1. Sejarah ... 222
8.2.2. Konstruksi atap dari kayu ... 222
a) Atap kasau (usuk) ... 222
b) Kuda-kuda atap kasau ... 225
c) Atap peran dengan kuda-kuda yang berdiri ... 226
d) Atap peran dengan kuda-kuda yang berbaring ... 228
e) Atap peran dengan kuda-kuda yang bergantung ... 229
f) Konstruksi atap peran sebagai atap lesenar ... 231
g) Konstruksi atap peran sebagai atap perisai ... 232
8.2.3. Konstruksi atap dari bambu ... 242
8.3. Konstruksi kayu menurut perhitungan ... 243
8.3.1. Sejarah ... 243
8.3.2. Konstruksi rangka batang (vakwerk) ... 244
a) Pemilihan konstruksi rangka batang paku yang cocok ... 245
b) Batang penopang perata ... 247
c) Contoh-contoh konstruksi rangka batang ... 248
8.3.3. Konstruksi badan papan miring ... 249
a) Pemilihan konstruksi badan papan miring yang cocok ... 250
8.3.4. Konstruksi berlapis majemuk dengan perekat ... 251
8.4. Konstruksi atap datar ... 254
8.4.1. Atap datar berkonstruksi kayu ... 254
8.4.2. Atap datar berkonstruksi beton bertulang ... 256
8.4.3. Pelapis atap datar ... 257

a) Pelapis atap datar ubin keramik ... 257
b) Pelapis atap datar dengan seng papak ... 257
c) Pelapis atap datar dengan aspal tuangan ... 257
d) Pelapis atap datar dengan kertas aspal rangkap ... 257
8.5. Pelapis atap ... 260
8.5.1. Atap rumbia ... 260
8.5.2. Atap sirap ... 262
8.5.3. Atap genting flam ... 263
8.5.4. Atap genting pres ... 265
8.5.5. Atap genting beton ... 267
8.5.6. Atap asbes-semen gelombang ... 268
8.5.7. Atap seng ... 272
a) Atap seng gelombang biasa ... 272
a) Atap seng gelombang khusus ... 274
c) Atap seng papak ... 276
8.6. Pembuangan air hujan ... 277
8.6.1. Penentuan ukuran talang dan pipa lembahan ... 277
8.6.2. Konstruksi talang ... 277
a) Konstruksi talang terbuka ... 278
b) Konstruksi talang tersembunyi ... 279
8.6.3. Pipa lembahan ... 280
8.6.4. Konstruksi lis plank ... 281
8.7. Penangkal petir ... 282

9. Instalasi teknik umum ... 284

9.1. Instalasi air minum (saniter) ... 284
9.1.1. Pengetahuan dasar ... 284
9.1.2. Sumber air minum ... 285
a) Air dari mata air ... 285
b) Air dari dalam tanah ... 286
c) Air dari muka tanah ... 287
d) Air dari air hujan ... 288
9.1.3. Penyimpanan air minum ... 289
9.1.4. Pompa air minum ... 290
9.1.5. Distribusi air minum ... 290
9.1.6. Instalasi air dingin ... 291
a) Katup putar ... 292
b) Katup geser ... 292
c) Pentil ... 293

9.1.7. Instalasi air panas 294
a) Sistem ketel air panas (boiler) 294
b) Sistem pesawat air panas (geyser) 295
9.1.8. Simbol-simbol saniter 297
a) Simbol-simbol warna 297
b) Simbol-simbol utama 298
c) Simbol-simbol sekunder 298
9.1.9. Alat-alat saniter 299
a) Kakus 299
b) Wastafel 301
c) Kulah mandi dan kulah pancuran 302
9.2. Instalasi gas 303
9.2.1. Pengetahuan dasar 303
9.2.2. Instalasi pipa-pipa gas 303
9.2.3. Cerobong gas 304
9.3. Instalasi listrik 305
9.3.1. Pengetahuan dasar 305
a) Akibat listrik 305
b) Peredaran listrik 306
c) Hukum Ohm 306
d) Jenis-jenis listrik 307
e) Saluran tenaga listrik 308
9.3.2. Bagian-bagian instalasi listrik 308
a) Simbol bahan instalasi penerangan yang digunakan pada rumah-rumah umum 308
b) Penentuan ukuran-ukuran hantaran 311
c) Sekering 311
d) Pembumian 312
e) Meter listrik 312
f) Bola lampu 313
g) Lampu neon 314
9.3.3. Instalasi listrik (penerangan) 315
a) Hubungan berkutub satu 315
b) Hubungan berkutub dua 315
c) Hubungan berkutub tiga 315
d) Hubungan deret 316
e) Hubungan tukar 316
f) Hubungan bintang-segitiga 316
g) Contoh: Perencana instalasi listrik pada sebuah rumah yang sederhana 317

9.4. Pembaharuan udara 317
9.4.1. Pembaharuan udara secara konstruktif 317
a) Cross-ventilasi 318
9.4.2. Pembaharuan udara mekanis 323
a) Pembaharuan udara mekanis darurat 323
b) Pendinginan 324
c) Air-conditioner (AC) 324
d) Air-conditioner (AC) terpusat 324
9.5. Instalasi lift 325
9.5.1. Lift untuk manusia 325
9.5.2. Lift untuk barang 327
9.5.3. Lift tangga 327

10. Konstruksi panggung bangunan 329

10.1. Macam-macam panggung banguna 329
10.2. Konstruksi panggung bangunan dari kayu 331

11. Konstruksi tangga 335

11.1. Pengetahuan dasar 335
11.1.1. Bahan bangunan tangga 335
11.1.2. Macam-macam bentuk tangga 335
11.1.3. Perbandingan kelandaian dan keamanan konstruksi tangga 336
11.1.4. Perhitungan tirusan tangga 337
11.2. Konstruksi tangga masif 340
11.2.1. Konstruksi tangga dari batu alam 340
11.2.2. Konstruksi tangga dari batu buatan 340
11.2.3. Konstruksi tangga dari beton bertulang 341
11.2.4. Lapisan tangga 345
11.3. Konstruksi tangga dari kayu 346
11.3.1. Macam-macam konstruksi tangga dari kayu 346
a) Tangga dengan lobang terbuka dan lubang tersembunyi 346
b) Tangga dengan lubang tersembunyi dan papan sentuhan 347
c) Tangga dengan anak tangga yang ditakik 348
d) Tangga hemat 348
11.3.2. Pemasangan dan pemakuan tangga dengan lubang tersembunyi 349
11.3.3. Perhitungan konstruksi tangga dari kayu 350

12. Konstruksi jendela 353

12.1. Pengetahuan dasar 353
12.1.1. Arti dan guna jendela 353
12.1.2. Kaca 354
12.2. Kosen jendela 355
12.2.1. Kosen dari kayu 355
12.2.2. Kosen dari beton dan batu buatan 357
12.2.3. Konstruksi jendela tanpa kosen 359
12.3. Konstruksi jendela dari kayu 360
12.4. Konstruksi jendela yalusi (krepyak) 363
12.5. Alat perlengkapan jendela 364
12.5.1. Skarnir dan engsel 364
a) Skarnir 364
b) Engsel pomel 365
c) Skarnir gunting jendela 366
12.5.2. Kunci jendela 367

13. Konstruksi pintu 369

13.1. Kosen pintu 369
13.1.1. Kosen dari kayu 369
13.1.2. Macam-macam konstruksi bingkai pintu 369
13.2. Konstruksi pintu dari kayu 371
13.2.1. Pintu kisi 371
13.2.2. Pintu papan 372
13.2.3. Pintu panil 372
13.2.4. Pintu dengan daun papak 373
13.2.5. Pintu berlapis 374
13.2.6. Konstruksi pintu gerbang dorong 375
a) Konstruksi pintu gerbang dorong yang bergantung 376
b) Konstruksi pintu gerbang dorong yang berdiri 377
13.3. Konstruksi pintu dari baja 378
13.4. Alat perlengkapan pintu 379
13.4.1. Skarnir dan engsel 379
a) Skarnir peluru 379
b) Skarnir T 380
c) Skarnir pegas (Veerscharnier) 380
d) Engsel pomel besar 381
13.4.2. Kunci pintu 381

14. Lampiran 384

14.1. Daftar istilah penting 384
14.2. Daftar ilustrasi 387
14.3. Pustaka 388

1. Pekerjaan Pendahuluan

1. 1. Proyek Bangunan

1. 1. 1. Perencanaan

a) Pra-rencana proyek

Sesudah site dipilih bersama bouwheer, ditentukan kebutuhan ruang dan segala apa yang harus diberitahukan, sebelum mulai menggambar pra-rencana proyek.

Pra-rencana proyek merupakan gambar-gambar/skets-skets pertama yang dibuat pada proyek pembangunan yang direncanakan. Pra-rencana proyek berarti suatu gambaran dari ide seorang arsitek, sehingga bouwheer dan/atau orang lain dapat mengerti dan membayangkan ide arsitek itu. Oleh karena itu biasanya terdiri dari denah, pandangan, potongan dan isometri sederhana menurut ukuran dan luasnya proyek dalam skala 1:100, 1:200 atau 1:500.

Sesudah bouwheer menyetujui pra-rencana proyek, maka arsitek dapat menggambar proyek.

b) Gambar proyek

Gambar proyek dibuat atas dasar pra-rencana proyek yang disetujui oleh bouwheer.

Gambar proyek biasanya terdiri dari denah, pandangan dan potongan lengkap dengan ukuran-ukuran penting dan mebel-mebel dsb. pada denah dalam skala 1:100, sering juga dilengkapi dengan maket.

Arti gambar proyek adalah ide arsitek digambar lengkap dan representatif, sehingga orang lain dapat menerima ide itu. Di luar negeri sering juga atas dasar gambar proyek dapat diminta izin bangunan. Di Indonesia sampai sekarang gambar proyek boleh juga dibuat dalam skala 1:200 dan harus dilengkapi dengan gambar bangunan dalam skala 1:50, 1:20, 1:5 dan 1:1, sehingga dapat dibuat permohonan izin bangunan.

c) Gambar bangunan

Atas dasar gambar proyek dapat digambar gambar bangunan sebagai dasar pembangunan. Pada gambar bangunan harus ada catatan-catatan bahan bangunan, ukuran-ukuran lengkap beserta semua instalasi teknik (air, listrik dsb.) dan perlengkapan kamar (misalnya dapur, tempat cuci piring, kamar mandi, kakus dan sebagainya) dan semua pintu, jendela dan sebagainya. Juga konstruksi-konstruksi pondasi sampai dengan atap harus dapat diterapkan dengan mudah atas dasar gambar bangunan.

Biasanya pada gambar bangunan dipilih skala 1:50 untuk denah dan pandangan, skala 1:20 buat potongan-potongan dan skala 1:5 atau 1:1 buat gambar detail. Gambar bangunan harus digambar atas kertas yang transparan, sehingga kita dapat membuat lichtdruk. Orisinal dari gambar bangunan tidak boleh keluar dari kantor arsitek dan sebaiknya arsitek menyimpan gambar bangunan masing-masing sesudah bangunan itu selesai, sekurang-kurangnya selama 10 tahun.

1. 1. 2. Izin bangunan

Tentang izin bangunan dapat diperhatikan bab 4, Peraturan Bangunan Nasional 1968 yang menentukan:

a) Pemberian izin bangunan (I. 401)

Izin bangunan pada umumnya diberikan oleh Kepala Bagian Dinas Tata Kota, berdasarkan keputusan Kepala Daerah.
Kepala Bagian Dinas Tata Kota dapat memberi izin untuk:

- Mendirikan bangunan-bangunan yang sesuai dengan undang-undang, Peraturan-peraturan Daerah Tingkat I tentang bangunan dan Peraturan pelaksanaannya.
- Mendirikan bangunan-bangunan tidak permanen atau bangunan-bangunan sementara.
- Memperluas bangunan yang telah ada.
- Mengadakan penyimpangan-penyimpangan yang tidak begitu penting dalam sesuatu izin yang telah diberikan.

b) Tidak diperlukan izin bangunan (I. 402)

Izin bangunan tidak diperlukan dalam hal:

- Membuat lubang-lubang ventilasi, penerangan dan lain sebagainya yang luasnya tidak lebih dari 0,6 m^2 dengan sisi terpanjang mendatar tidak lebih dari 2 m.
- Membongkar bangunan-bangunan yang menurut pertimbangan Kepala Bagian Teknik tidak membahayakan.
- Pemeliharaan bangunan-bangunan dengan tidak mengubah denah, konstruksi maupun arsitektonis bangunan-bangunan semula yang telah mendapat izin.

Pendirian bangunan-bangunan yang tidak permanen untuk pemeliharaan binatang-binatang jinak atau tanaman-tanaman yang ditempatkan di halaman belakang atau yang luasnya kecil saja dan tidak melebihi peraturan daerah.
Membuat pagar-pagar yang tingginya tidak melebihi 1.20 m.
Membuat kolam, taman dan patung-patung, tiang bendera.

c) Larangan mendirikan/mengubah bangunan (I. 403)

Dilarang mendirikan/mengubah bangunan dalam hal:
Tidak dipunyai izin tertulis dari Kepala Daerah atau dari Kepala Bagian Dinas Tata Kota.
Menyimpang dari ketentuan-ketentuan dan syarat-syarat yang telah ditetapkan dalam Peraturan Bangunan atau peraturan daerah lainnya.
Dilarang mendirikan bangunan-bangunan di atas tanah orang lain tanpa izin pemiliknya atau kuasanya yang sah.

d) Permohonan izin bangunan (I. 404)

Prosedur dan syarat-syarat untuk mengajukan permohonan izin bangunan antara lain adalah:
Permohonan izin dapat diajukan oleh perorangan atau badan hukum yang sah, dengan cara mengisi formulir, yang disediakan di bagian Administrasi Bagian Dinas Tata Kota, dengan menjelaskan hal-hal:
Pemberitahuan yang seksama mengenai kegunaan, sifat bangunan-bangunan dan maksud permohonan izin itu, serta uraian mengenai konstruksi bangunan.
Pemberitahuan mengenai letak tanah/bangunan, nama jalan, nomor verponding dan atau nomor registrasinya. Formulir permohonan harus disahkan/diketahui oleh Kepala RT/RW dan Camat letak bangunan.
Pada penjelasan permohonan itu harus dilampirkan:
Salinan surat keterangan hak atas tanah yang sah dari kantor Agraria, Kadaster atau Notaris. Gambar situasi dengan skala: 1:1000. Gambar rencana denah bangunan, denah pondasi, rencana atap dan gambar-gambar bangunan lainnya dengan skala 1:200, 1:100, 1:50, 1:20 atau 1:10. Gambar-gambar bangunan ini harus diusahakan oleh pemohon izin bangunan sendiri, tetapi agar ada pertanggungjawaban teknis yang baik, maka rencana dan gambar bangunan tersebut harus dirancang — direncanakan — dikonsultasikan dengan Ahli Perencana/Biro Perencana Bangunan yang bonafide.

e) Putusan suatu permohonan izin bangunan (I. 405)

Kepala Bagian Teknik mengambil keputusan mengenai suatu permohonan izin bangunan yang dalam wewenangnya dalam waktu 14 hari, setelah tanggal permintaan permohonan, jangka waktu ini dapat diperpanjang selama 2 × 14 hari.

f) Penolakan suatu izin bangunan (I. 406)

Suatu permohonan izin bangunan dapat ditolak jika:
- bertentangan dengan undang-undang, Peraturan Daerah atau peraturan lainnya.
- bertentangan dengan rencana perluasan kota.

g) Pencabutan suatu izin bangunan (I. 407)

Kepala Daerah dapat mencabut suatu izin bangunan jika:
- Pemegang izin tidak menjadi yang berkepentingan lagi.
- Dalam waktu 6 bulan setelah tanggal izin itu diberikan, masih belum dilakukan permulaan pekerjaan yang sungguh-sungguh.
- Pekerjaan-pekerjaan itu telah dihentikan selama 3 bulan dan tidak dilanjutkan.
- Izin yang telah diberikan itu ternyata kemudian didasarkan pada keterangan-keterangan yang keliru.
- Pembangunan itu ternyata menyimpang dari rencana yang disahkan.

h) Tersedianya surat izin (I. 605)

Pemegang izin bangunan diwajibkan supaya selama pelaksanaan pendirian bangunan itu berlangsung, surat izin bangunan senantiasa berada di tempat pekerjaan, dan dapat ditunjukkan setiap kali diminta oleh Pengawas bangunan, untuk mengadakan pemeriksaan dan pembubuhan catatan-catatan pada surat izin itu.

1. 1. 3. Uang bangunan

Untuk permohonan izin bangunan, untuk pemeriksaan-pemeriksaan pengawasan dan pekerjaan-pekerjaan lain, yang akan dilakukan oleh Daerah Tingkat II/Kotapraja berkenaan dengan pembangunan itu, oleh pemohon atau oleh orang lain yang dalam hal itu bertindak atas namanya, terlepas dari pembayaran yang dipungut berdasarkan peraturan lain, dipungut uang penggantian yang disebut uang bangunan dan harus dibayar di muka kepada kas Pemerintah Daerah Tingkat II/Kotapraja, yang besarnya ditentukan menurut tarip yang tercantum dalam bab c) (I. 604).

a) Tidak dipungut uang bangunan (I. 602)

Uang bangunan tidak dipungut dalam hal:
- Membongkar bangunan-bangunan yang termasuk dalam kelas permanen.
- Mendirikan bangunan-bangunan sementara yang pendiriannya telah diperoleh izin dari Daerah Tingkat II/Kotapraja untuk paling lama satu bulan.
- Mendirikan perlengkapan bantuan, yang pendiriannya telah diperoleh izin selama didirikannya suatu bangunan.

Mengerjakan segala sesuatu, yang harus dilakukan untuk memenuhi kepentingan umum.
Mendirikan bangunan pemerintah.

b) Dispensasi uang bangunan (I. 603)

Kepala Daerah dapat memberikan dispensasi pembayaran uang bangunan dalam hal-hal berikut:
Kepada mereka yang tidak mampu untuk memperbaiki atau mendirikan bangunan yang termasuk kelas bangunan yang tidak tetap, yang rusak, karena bencana alam, kerusuhan atau akibat peperangan, sepanjang luas bangunan yang akan didirikan itu tidak melebihi dari 30 m^2.
Mendirikan gedung-gedung sekolah, lembaga pendidikan lainnya, sepanjang ternyata pendirian gedung-gedung termaksud benar-benar perlu.
Mendirikan tempat-tempat peribadatan, termasuk gedung madrasah beserta pesantren, biara, rumah-rumah pastor dan rumah koster.
Mendirikan bangunan-bangunan yang bersifat sosial seperti: YPAC, Rumah Buta, Tuli Bisu, Rumah Peristirahatan Orang Tua, Yatim Piatu dan sebagainya.

c) Besarnya uang bangunan (I. 604)

Besarnya uang bangunan itu ditetapkan sebanyak-banyaknya 1/1000 dari seluruh biaya pembangunan baru, perluasan termasuk pembongkaran bangunan-bangunan yang ada, baik bangunan itu didirikan di atas pondamen baru atau yang telah ada, juga termasuk pemasangan pembuluh-pembuluh, tembok pemisah, tembok pagar-pagar dan bangunan-bangunan lainnya.
Pada perbaikan-perbaikan berat dan untuk pekerjaan lain yang tidak termasuk dalam ayat pertama, dipungut uang bangunan sebanyak-banyaknya 1% dari jumlah biaya yang ditaksir, dengan ketentuan bahwa untuk pekerjaan-pekerjaan pada bangunan yang telah ada, banyaknya uang bangunan itu tidak akan berjumlah lebih banyak daripada 1/2 dari jumlah uang bangunan yang harus dibayar pada pembangunan baru, pada bagian yang akan diperbaiki atau diubah itu.
Biaya-biaya pembangunan ditetapkan berdasarkan perhitungan biaya taksiran tiap m^2, yang akan ditetapkan oleh bagian Teknik Dinas Tata Kota, Daerah Tingkat II/Kotapraja secara berkala.
Jumlah uang bangunan pada bangunan-bangunan bertingkat ditetapkan sebesar jumlah uang bangunan ditambah 2/3nya untuk tiap-tiap tingkat.

1. 1. 4. Hubungan kerja antara ahli dan pemberi tugas

Dalam Peraturan Umum tentang hubungan kerja antara ahli dan pemberi tugas yang disusun oleh Dewan Teknik Pembangunan Indonesia pada tahun 1969, sebagai pengganti peraturan-peraturan dari IRTA dan DATI (Dewan Arbitrase Teknik Indonesia) telah ditentukan tentang:

a) Pengertian ahli dan pemberi tugas

Yang dimaksud *ahli,* ialah perseorangan atau badan, yang dengan mempergunakan keahliannya mengerjakan perancangan, perencanaan dan pengawasan (direksi), mengadakan penaksiran, memberikan nasehat atau jasa-jasa lain, yang berhubungan dengan perencanaan, persiapan dan pelaksanaan proyek di bidang teknik pembangunan, termasuk arsitektur estetika dan pertanaman. Yang dimaksud dengan *pemberi tugas,* ialah perseorangan atau badan yang memberi tugas kepada ahli, membayar honorarium serta mengganti semua ongkos ahli.

b) Luas lingkup pekerjaan ahli

Pekerjaan ahli dapat dibagi dalam tahapan sebagai berikut:

- *Pra-rencana* terdiri dari gambar-gambar skets denah-denah, pandangan-pandangan dan potongan-potongan yang terpenting dari bangunan, berikut perkiraan biaya bangunan. Gambar-gambar tersebut dipakai sebagai dasar untuk pembahasan dengan memberi tugas guna perbaikan-perbaikan.
- *Rencana pelaksanaan* adalah gambar-gambar uraian lanjutan pra-rencana dan gambar-gambar detail dasar dengan skala yang lebih besar, sehingga atas dasar gambar-gambar ini dapat dibuat gambar-gambar detail lengkap, uraian dan syarat-syarat (bestek), serta perhitungan anggaran biaya bangunan.
- *Gambar detail* dengan skala cukup besar, untuk menggambarkan dengan jelas seluruh pekerjaan, yang diperlukan untuk pelelangan pekerjaan, dan termasuk gambar-gambar dan perhitungan-perhitungan khusus untuk konstruksi beton bertulang, baja atau kayu, instalasi teknik dan sebagainya.
- *Uraian dan syarat-syarat (bestek).* Uraian dari seluruh pekerjaan dan syarat-syarat pelaksanaannya yang disusun sejelas-jelasnya.
- *Anggaran biaya* adalah perhitungan banyaknya biaya yang diperlukan untuk bahan dan upah dan biaya-biaya lain yang berhubungan dengan pelaksanaan pembangunan.
- *Pelelangan* meliputi pekerjaan-pekerjaan penyediaan gambar-gambar teknis, mengadakan undangan, memberikan penjelasan-penjelasan dan/atau petunjuk-petunjuk, mengadakan seleksi dan menerima penawaran-penawaran, dapat pula menyusun dan mempersiapkan kontrak pelaksanaan.
- *Pengawasan (Direksi)* pelaksanaan berarti mewakili pemberi tugas dalam segala hal yang menyangkut pelaksanaan, antara lain meliputi pekerjaan-pekerjaan: memimpin dan mengadakan pengawasan utama dalam pelaksanaan pekerjaan, mengatur pembayaran angsuran biaya pelaksanaan, membuat gambar-gambar tambahan yang perlu, memeriksa dan memperbaiki gambar-gambar kerja dan sebagainya.

c) Tanggung jawab dan wewenang ahli

Dalam keadaan biasa, ahli bertanggung jawab atas kerugian yang diderita oleh pemberi tugas sebagai akibat langsung dari kesalahan-kesalahan yang dibuat oleh

ahli atau orang-orang yang bekerja padanya pada waktu pelaksanaan, jika kesalahan-kesalahan itu dibuat dalam keadaan dan seharusnya dapat dihindarkan dengan keahlian dan kewaspadaan serta cara pelaksanaan yang biasa. Tetapi ahli tidak bertanggung jawab atas kesalahan-kesalahan yang dibuat oleh orang-orang yang bekerja padanya, jika ahli dapat membuktikan bahwa kesalahan-kesalahan itu tidak dapat dihindarkan atau tidak dapat diketahui sebelumnya, meskipun ada pengawasan dan kewaspadaan yang biasa dari ahli. Penggantian kerugian yang diderita oleh pemberi tugas baru dapat dituntut dari ahli atau orang-orang yang bekerja pada ahli, jika pemberi tugas dapat membuktikan, bahwa penggantian kerugian itu tidak dapat diminta dari pelaksana maupun perusahaan bahan bangunan (leveransir). Juga penggantian kerugian itu tidak dapat lebih besar dari jumlah honorarium yang harus diterima oleh ahli untuk melaksanakan tugasnya.

Tugas untuk melakukan pengawasan pelaksanaan (direksi), memberikan juga wewenang kepada ahli untuk memerintahkan pekerjaan tambahan, perubahan dalam syarat-syarat konstruksi atau segi estetika dari bentuk bagian-bagian bangunan, dengan syarat perubahan itu tidak mengakibatkan penambahan dalam biaya tambahan yang sudah tercantum dalam anggaran biaya bangunan, dan tidak merugikan pemakaian praktis dari bangunan seperti diinginkan oleh pemberi tugas.

d) Hak atas honorarium ahli

Ahli berhak atas honorarium untuk jasa-jasa yang dikerjakan olehnya sehubungan dengan tugas yang diberikan kepadanya. Besar honorarium dihitung dalam prosentase dari biaya bangunan yang tertulis dalam kontrak pelaksanaan, dengan penambahan biaya yang diakibatkan adanya pekerjaan tambahan atau pekerjaan kurang. Pembagian honorarium dalam prosentase untuk angsuran honorarium ahli dibayar sesuai dengan tahap-tahap pekerjaan ahli.

Tahap pekerjaan	Arsitek	Sipil
Pra-rencana	15 %	20 %
Rencana pelaksanaan	30 %	25 %
Gambar detail	18 %	18 %
Uraian dan syarat-syarat	3 %	3 %
Anggaran biaya	3 %	3 %
Pelelangan	1 %	1 %
Pengawasan	30 %	30 %

(total 100 %)

Jika pemberi tugas hanya menginginkan pra-rencana saja, maka prosentase honorarium ahli untuk pekerjaan itu dinaikkan menjadi 25%. Jika ahli ditugaskan membuat rencana pelaksanaan dari pra-rencana yang sudah ada, maka prosentase honorarium dinaikkan menjadi 45% dari seluruh honorarium. Dan jika tugas ahli hanya terdiri dari pekerjaan pengawasan saja, maka prosentase honorarium dinaikkan menjadi 40% dari seluruh honorarium.

Jumlah honorarium ahli untuk seluruh tahap pekerjaan yang menjadi tugas ahli, ditetapkan mengingat sifat bangunan, besar bangunan dan berat pekerjaan yang harus dilakukan; untuk bangunan gedung dibagi dalam 4 kelas yaitu:

Kelas A:
Bangunan-bangunan gedung yang bersifat sederhana dengan pembagian ruang dan detail-detail yang tidak sulit, seperti misalnya: bangsal, pernaungan pasar, gudang, dan sebagainya yang sederhana.

Kelas B:
Bangunan-bangunan gedung dengan banyak pembagian ruang dan luas yang relatif kecil, seperti misalnya rumah, gedung kantor, toko, hotel, sekolah, rumah sakit dan gedung-gedung untuk maksud khusus seperti: bioskop, paberik, rumah jagal, hanggar kapal terbang, dan sebagainya.

Kelas C:
Bangunan-bangunan yang bersifat khusus atau yang lebih bersifat monumental seperti misalnya gedung perwakilan rakyat, mesjid, gereja, bank, gedung sandiwara, dan sebagainya.

Kelas D:
Interior yang bersifat khusus, monumen, rencana perkakas rumah tangga, perbaikan bangunan gedung.
Prosentase honorarium ahli menurut tabel perataan dan berdasar kelas bangunan yang dikerjakan.

Honorarium untuk seluruh tahap pekerjaan ahli, dinyatakan sebagai prosentase dari biaya pembangunan.

Biaya Pembangunan sampai	Kelas A %	Kelas B %	Kelas C %	Kelas D %
Rp 1.000.000,—	6	7,33	9,33	Untuk setiap tugas honorarium ditetapkan berdasarkan perundingan antara pemberi tugas dan ahli.
Rp 2.000.000,—	5,67	7	9	
Rp 5.000.000,—	5,33	6,67	8,67	
Rp 10.000.000,—	5	6,33	8	
Rp 20.000.000,—	4,33	6	7,33	
Rp 40.000.000,—	4	5,33	6,33	
Rp 60.000.000,—	3,67	4,67	5,67	
Rp 80.000.000,—	3,33	4,33	5	
Rp 100.000.000,—	3,17	4	4,67	
Rp 150.000.000,—	3	3,67	4,33	
Rp 200.000.000,—	2,83	3,5	4,17	

e) Pengertian biaya pembangunan dan biaya instalasi sebagai dasar penentuan honorarium ahli

Yang dimaksud dengan biaya pembangunan, biaya pemasangan atau biaya instalasi, sebagai dasar penentuan honorarium ahli, ialah biaya pembangunan yang tercantum dalam kontrak pelaksanaan, dan termasuk pula:
- Harga dari bahan atau elemen bangunan, termasuk ongkos untuk mengerjakan dan upah pekerja.
- Harga bahan lama yang digunakan, dinilai sebagai bahan baru, termasuk ongkos untuk mengerjakan dan upah pekerja.
- Biaya-biaya instalasi teknik, seperti instalasi untuk mengalirkan gas dan air minum, instalasi-instalasi listrik dan sebagainya.
- Biaya pekerjaan konstruksi beton bertulang, konstruksi baja dan sebagainya.

Harga atau biaya tersebut dinilai menurut harga pasar dan harga upah yang berlaku pada hari itu. Jika suatu pekerjaan tidak dilaksanakan, maka biaya pembangunan adalah biaya yang dihitung atau yang diperkirakan oleh ahli, biaya untuk pembelian dan/atau pembebasan tanah tidak termasuk biaya pembangunan.

1. 2. Penyelidikan Tanah

1. 2. 1. Pengetahuan dasar

Sudah pada perencanaan bangunan sebaiknya kita perhatikan keadaan tanah. Kita harus menyelidiki tanah. Biasanya diadakan penyelidikan tanah hanya pada proyek-proyek besar atau pada lapangan dengan keadaan tanah yang sulit. Harus diperhatikan, bahwa menurut Peraturan Bangunan Nasional Kepala Bagian Teknik dapat mengharuskan kepada setiap orang/badan yang melaksanakan atau menyuruh melaksanakan pekerjaan-pekerjaan pembangunan penting atau berat, mengadakan penyelidikan tanah sebelumnya, untuk menjamin kekokohan landasan bangunan yang termaksud.

1. 2. 2. Macam-macam keadaan tanah

Keadaan tanah dapat dikualifikasi atas beberapa golongan yang masing-masing menentukan tahanan tanah sebagai landasan terhadap beban oleh bangunan yang direncanakan. Kita bedakan:

a) Batu gunung

Batu gunung dalam keadaan sehat menjadi tempat bangunan yang terideal, dapat menerima tekanan dari bangunan sebesar 15 kg/cm² sampai dengan 30 kg/cm².

b) Tanah yang tidak liat

Sebagai tanah yang tidak liat dimaksudkan hancuran batu, kerikil, pasir dan sebagainya. Sebagai tempat bangunan ketahanan masing-masing menjadi:

- Hancuran batu atau kerikil dengan batu berukuran garis-tengah > 70 mm, sebanyak 3 kg/cm² s/d 8 kg/cm².
- Kerikil kita bagi atas kerikil halus dengan batu-batu berukuran 3 s/d 30 mm dan kerikil kasar dengan batu-batu berukuran 30 s/d 70 mm, sebanyak 4 kg/cm².
- Pasir dengan batu-batu berukuran garis-garis 1 s/d 3 mm, sebanyak 3 kg/cm².

c) Tanah yang liat

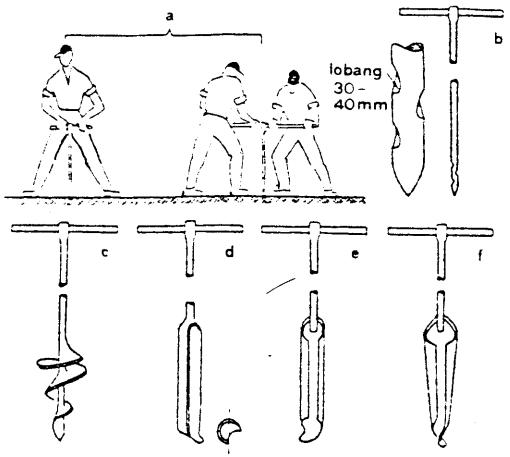
Sebagai tanah yang liat dimaksudkan tanah lempung, tanah lanau atau napal. Biasanya tanah yang liat menjadi kuat dan tahan bangunan berat selama kering. Jikalau kena air ketahanannya makin lama makin berkurang. Biasanya kita boleh menghitung dengan nilai 3 kg/cm², jikalau tempat bangunan menjadi kering (di pegunungan dan sebagainya) dan pondasinya berada 1.00 m di dalam tanah. Jikalau salah satu syarat ini tidak dipenuhi, maka nilai berada antara 0,4 kg/cm² sampai dengan 2,00 kg/cm².

Pada tempat bangunan yang terdiri dari tanah yang liat yang ditumpuk, kekuatan sebagai tempat bangunan sama sekali tidak ada. Andaikata tumpukan itu sudah beberapa tahun umurnya dan terdiri dari kerikil dan pasir maka boleh dihitung dengan ketahanan maksimal 2,5 kg/cm².

1. 2. 3. Cara-cara pelaksanaan penyelidikan tanah

a) Bor tangan

Dengan macam-macam bor tangan untuk tanah seperti terlihat pada gambar berikut satu atau dua orang dapat membor lubang-lubang dalamnya sekitar 1.50 m.

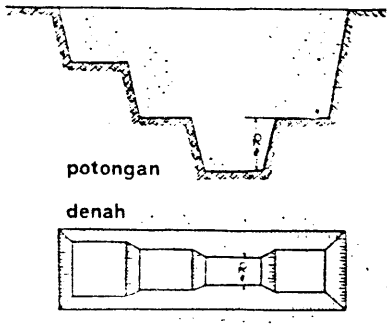


Gambar 1.1

a) Cara pelaksanaan, b) Mata bor dengan celah-celah untuk mengangkat contoh tanah, c) Mata bor biasa, d) Mata bor sendok untuk tanah yang liat, e) dan f) Mata bor untuk tanah liat untuk mengangkat contoh tanah.

b) Sumur percobaan

Cara yang paling sederhana ialah penggalian suatu sumur percobaan sampai dengan 2 atau 3 meter dalamnya. Tidak dapat dilakukan pada tanah dengan banyak air. Biasanya dibuat berteras dengan bagian dalam paling sedikit 70 kali 70 cm seperti terlihat pada gambar berikut:



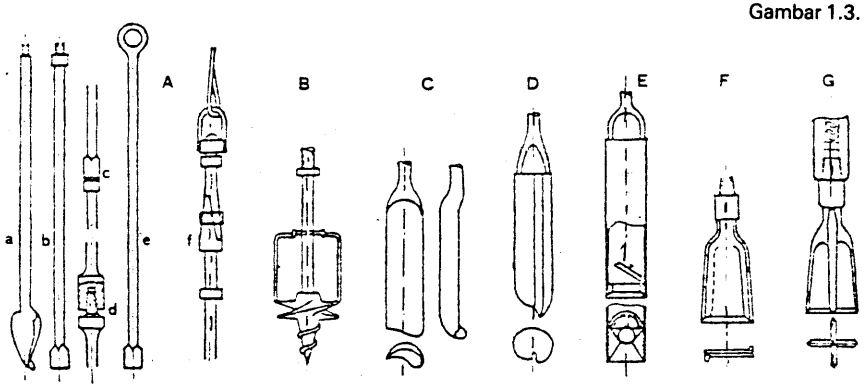
Gambar 1.2.

c) Pemboran dengan mesin

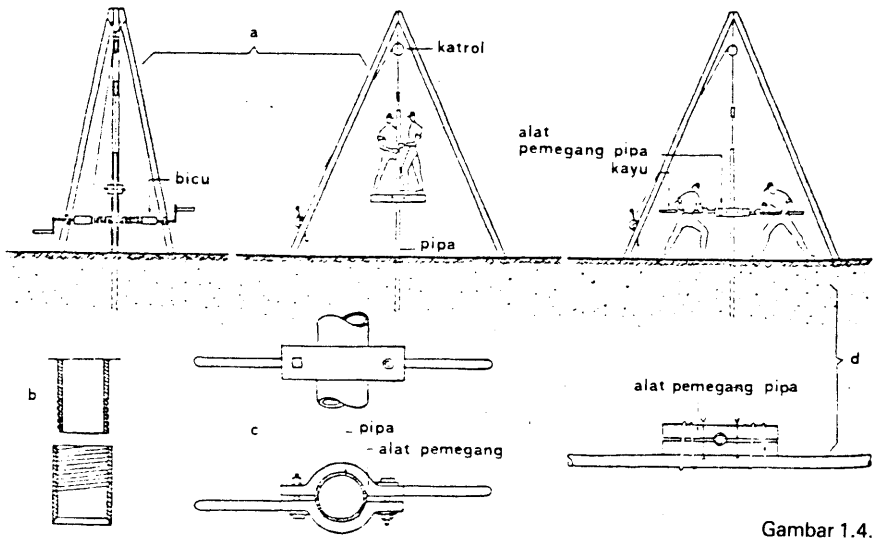
Alat bor tanah memungkinkan pekerjaan penyelidikan tanah secara cepat, tepat dan dengan dalam seperlunya. Pekerjaan tidak dapat diganggu oleh keadaan air atau lumpur.

Alat bor tanah terdiri dari mata bor dan batang-batang sambungan seperti terlihat pada gambar 1.3. berikut dan dari steling, biasanya semacam kaki-tiga dan pada tanah yang berlumpur atau dengan banyak air pipa-pipa besi sebagai penahan lobang yang dibor. Lihat gambar 1.4. berikut.

Gambar 1.3.



A) Mata bor tanah dengan bagian-bagian berikut: a) bagian bawah dengan mata bor, b) batang sambungan panjangnya, c), d) macam-macam sambungan (kunci), e), f) ujung atas, B) Mata bor piring, C), D) Mata bor sendok, E) Mata bor dengan pentil untuk mengangkat contoh dari tanah dari bagian yang berlumpur atau dengan banyak air, F), G) Mata bor pahat untuk batu gunung.



Gambar 1.4.

a) Steling kaki-tiga untuk membor dengan bicu dan katrol, b) Sambungan pipa pada lubang dengan ujung bawah (kaki), c) Alat pemegang pipa, d) Alat pemegang pipa yang diperkuat dengan kayu.
Lubang-lubang biasanya dibor dengan suatu raster tiap-tiap 50 meter, contoh-contoh tanah diangkat dan diperiksa paling sedikit tiap-tiap 1.00 meter.

d) Paku bumi percobaan

Pada suatu bangunan yang akan didirikan di atas pondasi paku bumi sebagai penyelidikan tanah dapat juga dilakukan paku bumi percobaan.
Biasanya diambil paku bumi dari kayu dengan ujung yang diruncingkan dan diperkuat dengan besi. Oleh penurunan paku bumi percobaan pada satu kali pukul dengan kepala babi dapat ditentukan suatu kedalaman yang daya muatnya lebih besar, yang menentukan panjangnya paku bumi. Kekuatan dapat dihitung menurut rumus dari *Brix* seperti berikut:

$$P_{\text{maksimal}} = \frac{h.\,Q^2.\,q}{c\,(Q + q)}$$

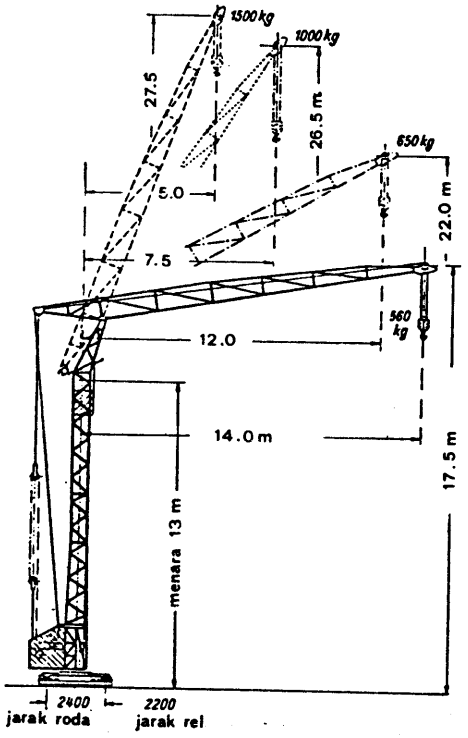
Arti bagian-bagian rumus:
P dalam kg = Gaya maksimal (batasan) yang dapat termuat pada paku bumi
h dalam mm = tingginya kepala babi jatuh
Q dalam kg = beratnya kepala babi
q dalam kg = beratnya paku bumi percobaan
c dalam mm = penurunan paku bumi oleh pukulan terakhir
Jikalau merasa perlu sebaiknya juga mengadakan suatu beban percobaan atas satu atau beberapa paku bumi percobaan.

1. 3. Persediaan Tempat Bangunan

1. 3. 1. Persiapan tempat bangunan

Persiapan tempat bangunan terdiri dari pekerjaan-pekerjaan berikut:
- Memotong pohon-pohon dan kayu-kayuan atas bekas bangunan lama pada bagian tempat bangunan yang terkena bangunan yang direncanakan.
- Melindungi pohon-pohon yang tinggal sehingga tidak rusak selama pekerjaan bangunan berlangsung.
- Memasang pagar sementara dari papan atau seng bergelombang setinggi 2.00 m. Jikalau bangunan yang direncanakan bertingkat dan dekat jalan umum, maka diperlukan suatu atap pelindung setinggi 3.50 m dengan kemiringan terhadap tempat bangunan. Menurut peraturan bangunan nasional Kepala Bagian Teknik dapat mengharuskan kepada setiap orang/badan yang melaksanakan/menyuruh melaksanakan pekerjaan-pekerjaan pembangunan-perombakan, penambahan/pembetulan, untuk memagari sementara seluruh/sebagian dari tempat pekerjaan tersebut, jika menurut pendapatnya perlu dilakukan demi ketenteraman, keamanan dan keselamatan umum.
- Menyediakan jalan sementara untuk tempat bangunan dengan kerikil, papan atau batang-batang kayu.
- Mengadakan sambungan air untuk bangunan dari sistem air minum umum kota atau dengan sumur, air sumur sebelumnya diperiksa di laboratorium, agar cocok untuk mencampur beton dan sebagainya.
- Membangun bangsal untuk buruh-buruh sehingga ada perlindungan waktu hujan dan untuk berganti pakaian (0,5 m^2 per buruh). Pada bangunan yang agak besar perlulah suatu bangunan khusus untuk arsitek dan ahli-ahli, sehingga dapat menyimpan gambar-gambar bangunan dan laporan-laporan beserta alat-nya. Sebaiknya juga membangun suatu bangsal khusus untuk barang-barang bangunan yang harus dilindungi, seperti semen dan sebagainya beserta bahan-bahan yang dapat dicuri seperti pipa air, sambungan-sambungan pipa air, baut, paku, alat listrik dsb.

- Menyediakan kakus sementara, yang memenuhi syarat-syarat kesehatan (1 kakus untuk 40 buruh).
- Peti obat-obatan yang lengkap sebaiknya dipasang pada ruang arsitek, dicat tanda palang merah dan juga dengan petunjuk 'pengobatan' sebelah luar bangsal itu.
- Memasang rambu/pelat larangan sehingga orang yang tidak berkepentingan tidak boleh masuk tempat bangunan. Pada bangunan besar sebaiknya disediakan gardu yang selalu dijaga.
- Jikalau perlu disediakan aliran listrik sementara selama pekerjaan bangunan berlangsung. Pada bangunan besar juga mungkin diperlukan sambungan telepon sementara.
- Jikalau akan digunakan mesin untuk mencampur beton dan sebagainya, tempatnya disediakan sedemikian rupa, sehingga truk dapat memasuki tempat bangunan sedekat mungkin dengan mesin pencampur beton.
- Jikalau akan menggunakan keran angkat, harus disediakan rel sehingga keran angkat dapat mencapai semua tempat penyimpan bahan-bahan bangunan, mesin campur beton dan seluruh luas bangunan yang direncanakan, dengan memperhatikan kekuatan keran angkat dibandingkan dengan jarak beban (kemiringan lengan) seperti terlihat pada gambar berikut:



Gambar 1.5.

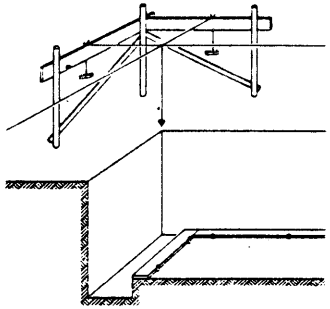
1. 3. 2. Instalasi tempat bangunan

Dengan instalasi tempat bangunan dimaksudkan perencanaan semua pekerjaan persiapan tempat bangunan yang diperlukan dan yang telah kita pelajari pada bab yang lalu.
Biasanya kita menggambar instalasi tempat bangunan pada suatu gambar 1:100 atau 1:200 dengan luasnya tempat bangunan dan bangunan yang direncanakan sedang ditentukan.
Sekarang kita menggambar instalasi masing-masing menurut keperluan seperti berikut:

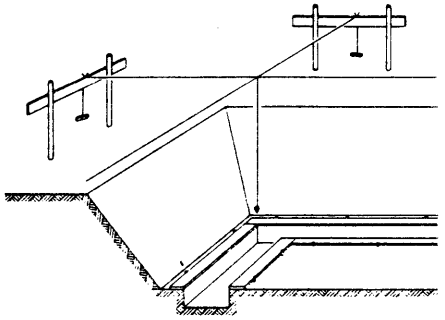
- Bentuk dan luasnya gedung yang direncanakan.
- Keadaan tanah tempat bangunan seperti jalan yang ada dan yang diperlukan, pohon-pohon yang harus dilindungi, bagian tanah yang curam dan sebagainya.
- Organisasi lalu lintas, pintu masuk-keluar truk, dan pintu untuk buruh/tukang dan sebagainya.
- Instalasi teknik seperti air untuk bangunan, listrik dan telepon sementara dan sebagainya.
- Tempat dan ukuran bangsal-bangsal yang akan didirikan.
- Tempat menumpuk tanah yang digali untuk pondasi dan sebagainya.
- Tempat menumpuk kerikil, pasir, kapur dan batu merah/batako dan sebagainya.
- Tempat untuk mesin campur beton.
- Tempat untuk keran angkat beserta relnya.

1. 3. 3. Pemasangan boplang (bouwplank)

Boplang (Bahasa Belanda: bouwplank) terdiri dari papan yang lurus dan datar biasanya pada sudut-sudut atau keliling gedung yang direncanakan dan dipasang dengan paku pada pancang-pancang kayu berjarak kira-kira 1.00 m dengan tingginya ± 50 cm di atas titik bangunan tertinggi pada lapangan. Boplang dipasang cukup jauh dari rumah yang akan dibangun, sehingga pada waktu menggali pondasi tidak terkena. Karena itu sebelum memasang boplang harus ditentukan secara kasar titik ujung lubang bangunan. Sebagai pokok kemudian dipasangkan dua paku yang merupakan garis utama, yaitu garis terdepan bangunan. Garis ini selalu akan dapat diperiksa dengan tali. Jikalau kita memilih untuk garis utama garis pertengahan dinding, maka garis itu hilang sesudah dinding-dinding rumah mencapai setinggi boplang. Cara pemasangan dapat diterapkan pada gambar-gambar berikut:



Gambar 1.6.



Gambar 1.7.

Sesudah boplang selesai benang/tali dipasangkan dan ukuran-ukuran dan siku-siku bangunan dapat diperiksa. Jikalau benar, diberikan tanda cat merah pada boplang.

2. Pekerjaan Tanah

2. 1. Penggalian Tanah

2. 1. 1. Penggalian humus

Pada daerah dengan tebal humus (bunga tanah) terbatas, sebaiknya sebelum memulai dengan pekerjaan galian lubang bangunan, humus diambil dulu dan ditimbun pada suatu tempat tertentu di daerah bangunan. Dengan begitu humus masih dapat dimanfaatkan untuk membuat kebun di keliling bangunan sesudah pekerjaan gedung kira-kira selesai. Harus diperhatikan, bahwa humus tidak cocok untuk timbunan yang tetap dan yang lebih tebal dari ± 50 cm.

2. 1. 2. Penggalian lubang bangunan

Lubang bangunan digali sesuai dengan ukuran dan letaknya bangunan yang direncanakan menurut ketentuan oleh boplang (lihat juga gambar 1.6. dan 1.7.). Pada bangunan sederhana seperti rumah tinggal dan sebagainya, biasanya pekerjaan galian dilakukan dengan kerja tangan. Pada bangunan besar dengan satu tingkat atau lebih di bawah tanah untuk gedung bertingkat dan sebagainya, sering juga digunakan mesin untuk menggali. Untuk menggali secara masinal digunakan traktor atau mesin keruk. Harus diperhatikan, supaya akhirnya masih ada jalan keluar bagi traktor atau mesin keruk dari lubang bangunan. Kemiringan lereng lubang bangunan ditetapkan menurut keadaan tanah setempat. Jikalau luasnya tempat bangunan tidak memungkinkan, terpaksa dipasang dinding penumpu atau dinding penahan lorong seperti dapat dilihat pada bab 2.2. (Dinding penumpu dan keamanan pekerjaan galian) berikut.

2. 1. 3. Macam-macam mesin penggali

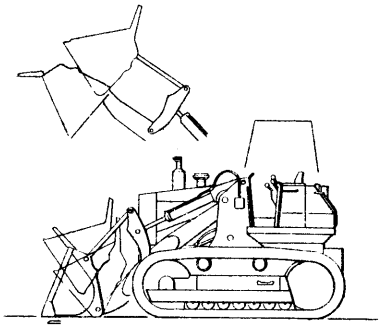
Seperti telah dikatakan, mesin penggali dapat dibedakan atas dua macam, yaitu traktor dan mesin keruk.

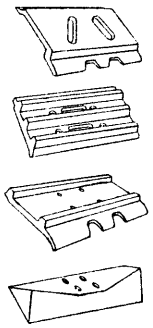
a) Traktor

Traktor dapat digunakan pada tanah yang tidak terlalu keras dan lubang bangunan yang agak luas dan tidak begitu dalam. Tinggi angkut tanah oleh Traktor sangat terbatas. Tugasnya terutama mengumpulkan tanah dan mengangkat ke truk-truk, yang akan memindahkan tanah itu ke tempat lain, atau untuk mengambil bagian humus di tempat bangunan dan menumpuknya pada suatu tempat tertentu yang masih agak dekat.

Traktor dibangun atas bingkai yang kaku. Walaupun ini mengakibatkan gerakan tarik/maju yang terbatas tetapi agak tahan terhadap rebahan, terutama dengan penyodok muat yang terangkat. Biasanya ban gigi dilengkapi dengan pelat tiga rusuk yang akan memadankan dasar lubang bangunan.

Ban gigi dapat dilengkapi dengan:





a) pelat datar

b) pelat tiga rusuk

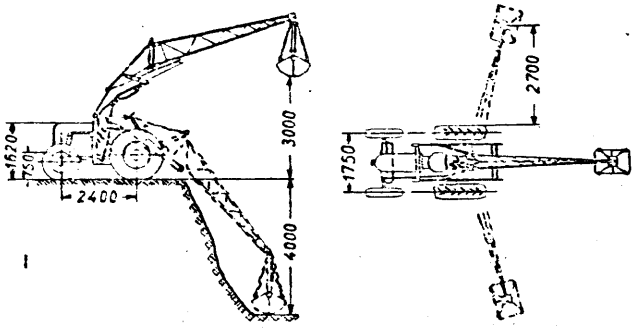
c) pelat dua rusuk

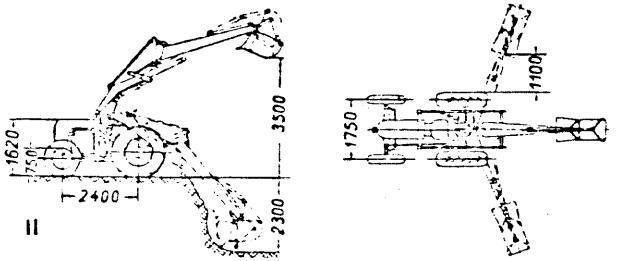
d) pelat khusus rawa-rawa

Gambar 2.1.

b) Mesin keruk

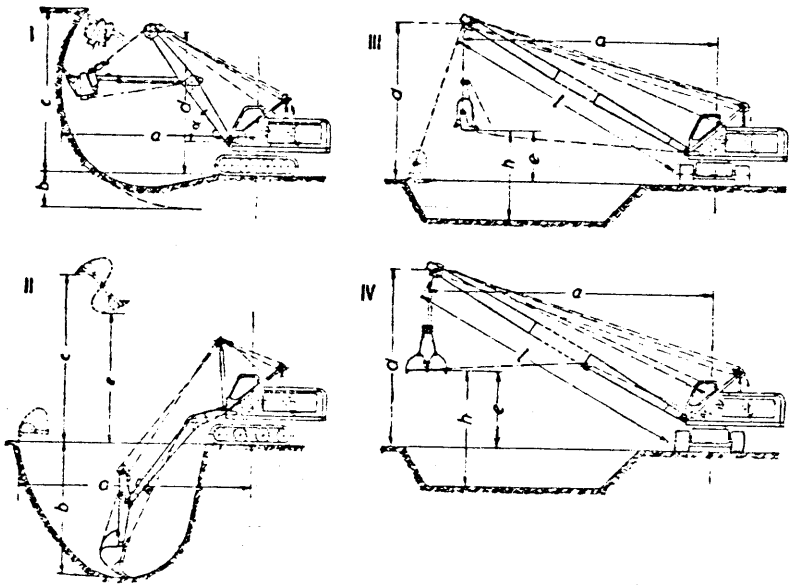
Mesin keruk dapat juga digunakan pada tanah yang agak keras. Kita dapat membedakan mesin keruk atas dua macam, yaitu: mesin keruk beroda empat yang bisa berpindah sendiri dari tempat bangunan yang satu ke tempat bangunan yang lain lewat jalan umum, dan mesin keruk berban gigi yang biasanya lebih besar dan lebih kuat dan yang harus diangkut dengan lorry ke tempat bangunan yang lain.





Gambar 2.2.

Mesin keruk beroda empat:
I dengan alat pencekam kerukan (gig), II dengan sendok mengeruk ke bawah.



Gambar 2.3.

Mesin keruk berban gigi:
I dengan sendok mengeruk ke atas, II dengan sendok mengeruk ke bawah, III dengan sendok yang menarik kerukan, IV dengan alat pencekam kerukan (gig). Ukuran masing-masing berarti: a) luasnya rongga, b) dalamnya rongga di bawah mesin keruk, c) tingginya rongga di atas mesin keruk, d) tingginya lengan mesin keruk, e) tingginya mencurahkan tanah, h) tingginya mengangkat tanah.

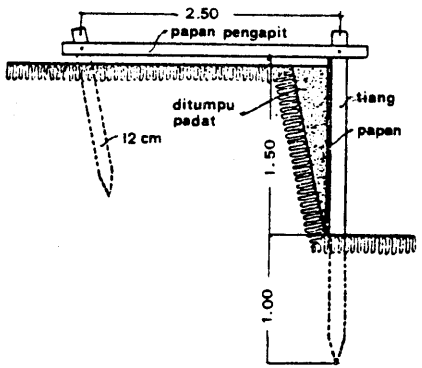
2. 2. Dinding Penumpu dan Keamanan Pekerjaan Galian

2. 2. 1. Pengetahuan dasar

Guna dinding penumpu ialah menumpu dinding lubang bangunan sehingga tidak runtuh atau longsor. Maka menjadi alat keamanan. Dinding penumpu digunakan terutama pada tanah, yang hanya aman terhadap runtuhan dalam keadaan kering, seperti tanah liat dan sebagainya. Kemudian pada lubang bangunan yang di tempat bangunannya tidak memungkinkan dibuat dinding tanah yang miring atau pada lubang bangunan, yang sempit dan dalamnya lebih dari 1.00 m atau 1.50 m (misalnya saluran pipa air kotor umum dan sebagainya) dan pada tanah yang tidak liat seperti pasir, kerikil dan sebagainya.

2. 2. 2. Pencegahan longsoran

Biasanya longsoran pada lubang bangunan tidak perlu dicegah akan tetapi kadang-kadang timbul keadaan yang memerlukan pencegahan. Jika kita membangun di tanah liat yang kuat dan tahan selama tidak kena air, maka jikalau mulai musim hujan sebaiknya longsoran itu dicegah. Hal ini dapat diatasi dengan menyelimuti dinding lubang bangunan dengan plastik atau kawat ayam dengan beberapa sentimeter plesteran semen. Jikalau ada bahaya runtuhan lereng itu oleh sebab-sebab lain seperti misalnya jalan raya dengan lalu lintas yang berat dan yang dekat, maka sebaiknya longsoran dicegah dengan suatu dinding penumpu yang miring atau tegak dan sederhana. Pengikatan ke belakang boleh dilakukan dengan kawat beton, papan pengapit atau tali sling. Bagian belakang dari papan dinding penumpu harus diisi rapat dengan tanah, lihat juga gambar berikut:

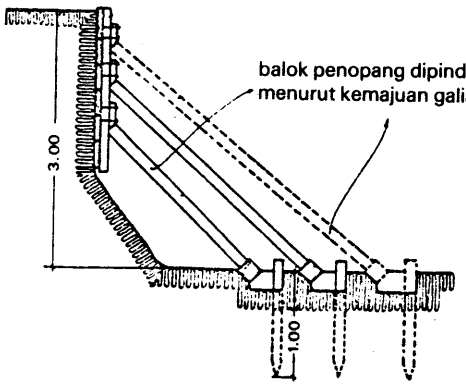


Gambar 2.4.

2. 2. 3. Dinding penumpu

a) Dinding penumpu lubang bangunan

Dinding penumpu lubang bangunan biasanya dipasang dengan papan horisontal, yang dipasangkan sesudah lubang bangunan itu digali dengan dinding vertikal. Jikalau perlu bisa juga hal ini dilakukan dalam dua tahap, seperti terlihat pada gambar berikut:



Gambar 2.5.

Kita pasang suatu bantalan searah dengan dinding penumpu pada dasar lubang bangunan. Kemudian dipasangkan tiang topang ke dinding penumpu pada suatu balok yang berdiri sejajar anting. Jarak maksimal yang boleh digunakan 2.40 m atau dengan kata lain, pada tiap-tiap papan seharusnya ada 3 tiang topang (papan yang digunakan sebaiknya 4.00 m panjang).
Pada lubang bangunan dengan lebar kurang dari 6 sampai dengan 8 m, boleh juga digunakan tiang topang yang horisontal di antara kedua dinding penumpu ini, seperti misalnya terlihat pada gambar-gambar dinding penumpu parit saluran pipa air kotor berikut.

b) Dinding penumpu parit saluran pipa air kotor

Pada dinding penumpu parit saluran pipa air kotor harus diperhatikan masalah-masalah berikut:

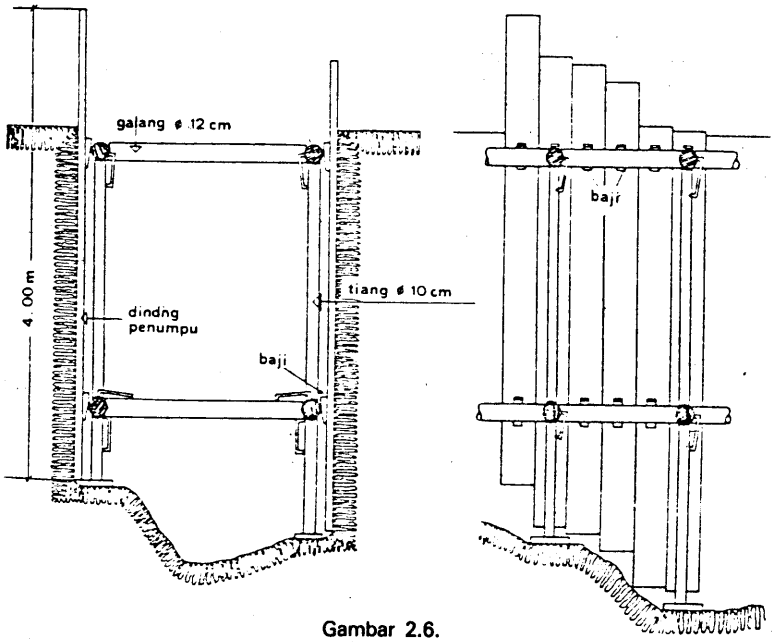
- Dinding penumpu parit boleh ditiadakan hanya pada daerah berbatu gunung atau napal.
- Dinding penumpu parit juga boleh ditiadakan pada humus, yang bercampur dengan banyak akar dan dalamnya parit tidak melebihi 2.00 m.
- Dinding penumpu parit pada umumnya ditiadakan pada tanah, yang tidak mudah longsor (tanah liat) dengan dalamnya parit kurang dari 1.00 m sampai dengan 1.50 m.

- Dinding penumpu parit biasanya mulai dipasang sesudah menggali sekitar 1.00 m. Sesudah itu maka galian ditambah 1.00 m lagi dalamnya dan dinding penumpu parit ditambah. Begitu seterusnya.
- Harus diperhatikan, bahwa di belakang dinding penumpu tidak ada lubang-lubang yang bisa mengakibatkan bahaya runtuhnya tanah.
- Jarak maksimal antara dua tiang topang (galang) menjadi 2.40 m atau dengan kata lain pada tiap-tiap papan dinding penumpu yang 4.00 m panjangnya seharusnya paling sedikit 3 galang.
- Lebarnya parit minimal tergantung dari dalamnya seperti terlihat pada tabel berikut:

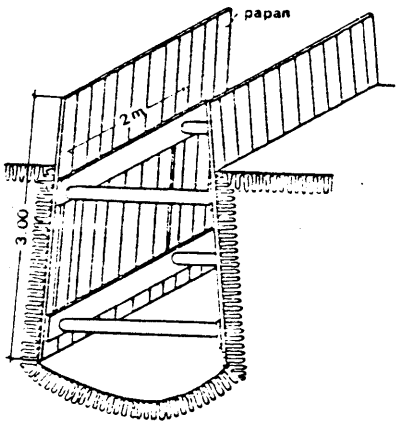
Dalamnya parit	lebarnya parit
sampai 0.80 m	50 cm
sampai 1.30 m	60 cm
sampai 2.00 m	80 cm
sampai 3.00 m	100 cm
sampai 4.00 m	110 cm

- Galang terbawah harus dipasang sedemikian rupa, sehingga saluran pipa air kotor dapat dipasang dengan mudah.
- Galang yang mendukung juga tempat kerja harus dipasang dengan khusus sehingga tidak dapat turun/longsor.
- Pada parit dengan dalam lebih dari 2.00m, harus dipasangkan tangga naik yang kuat dan yang cukup panjang, sehingga ujungnya keluar dari permukaan tanah paling sedikit 0.80 m.
- Sebagai bahan galang dapat digunakan balok kayu yang kuat, galang baja khusus yang dapat distel panjangnya atau bambu yang kuat, kering dan memenuhi ketentuan peraturan-peraturan umum untuk pemeriksaan bahan bangunan (P.U.B.B. — N.I.3).

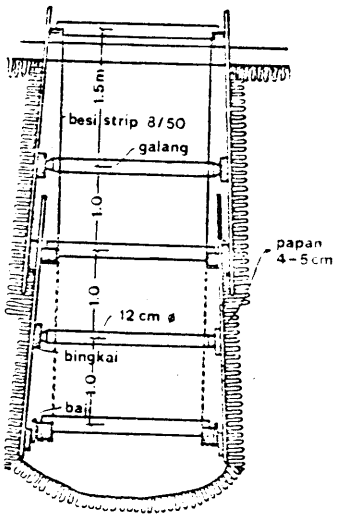
Pemasangan dinding penumpu dengan papan vertikal memberi keuntungan-keuntungan berikut:
- Jikalau dinding penumpu mengenai pipa-pipa yang menyilang atau batu gunung yang besar, maka dinding penumpu dapat dihentikan/diputus pada titik itu.
- Pemasangan dan pembongkaran papan dinding penumpu dipermudah.
- Sistem dinding penumpu dengan papan vertikal dapat juga dilakukan pada pondasi gedung besar dengan mengisi beton dalam parit yang digali.
- Dapat juga dipasang dengan bertahap menurut dalamnya parit (jika lebih dari 3.00 m) seperti terlihat pada gambar berikut:



Gambar 2.6.



Gambar 2.7.



Gambar 2.8.

Pada pemasangan dinding penumpu parit saluran air kotor, harus diperhatikan ukuran-ukuran minimal kayu seperti berikut:

Ukuran papan dinding penumpu minimal		
Panjang (m)	Lebar (cm)	Tebal (mm)
4.00	20	40
5.00	18	45
6.00	16	50

Ukuran galang (tiang topang) minimal	
Dalamnya parit (m)	Garis-tengah galang (cm)
sampai dengan 0.80	ø 10
lebih dari 0.80	ø 12

Jarak maksimal antara dua galang menjadi 2.40 m atau 3 galang pada tiap-tiap papan dinding penumpu dengan panjang minimal 4.00 m.

2. 2. 4. **Dinding bendungan** (sheet-piling)

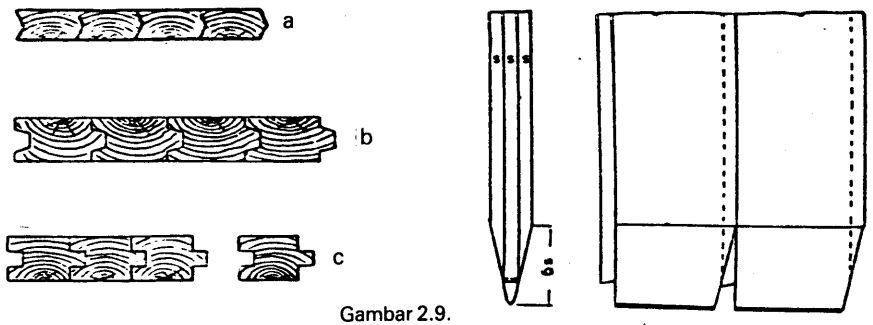
Dinding bendungan pada prinsipnya berkonstruksi sama dengan dinding penumpu dengan papan vertikal (lihat gambar 2.6.). Perbedaannya ialah bahwa dinding bendungan tidak hanya berupa dinding penumpu, melainkan juga penahan air. Maka dinding bendungan digunakan pada lubang bangunan atau parit dengan banyak air di tanah atau pada tepi sungai, danau dan sebagainya. Dinding bendungan kemudian kita bagi atas dinding bendungan dari kayu dan dinding bendungan dari baja.

a) Dinding bendungan dari kayu

Tebalnya papan pada dinding bendungan dari kayu tergantung dari panjangnya, seperti tercatat pada tabel berikut:

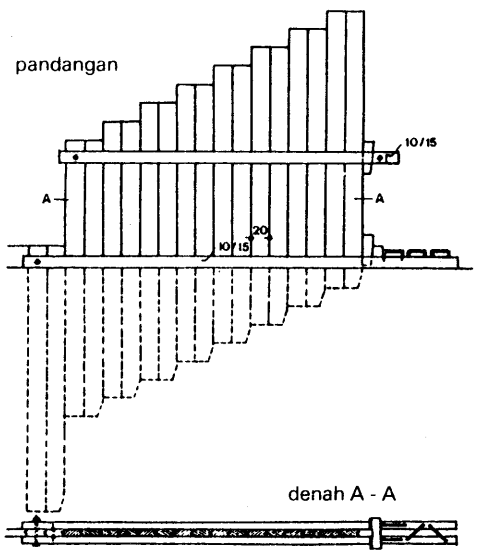
Panjang papan dinding bendungan (m)	tebalnya minimal (cm)	lebarnya (cm)
sampai dengan 1.50	6	
1.50 s/d 2.25	8	menurut
2.25 s/d 3.00	10	pasaran
3.00 s/d 4.00	12	kayu setempat
4.00 s/d 6.00	16	18 sd 26
6.00 s/d 9.00	18	

Menurut bentuk papan dinding bendungan kita bedakan atas cara penghubungannya yang a) berjurai, b) berlidah konis atau c) beralur lidah seperti terlihat pada gambar berikut:



Gambar 2.9.

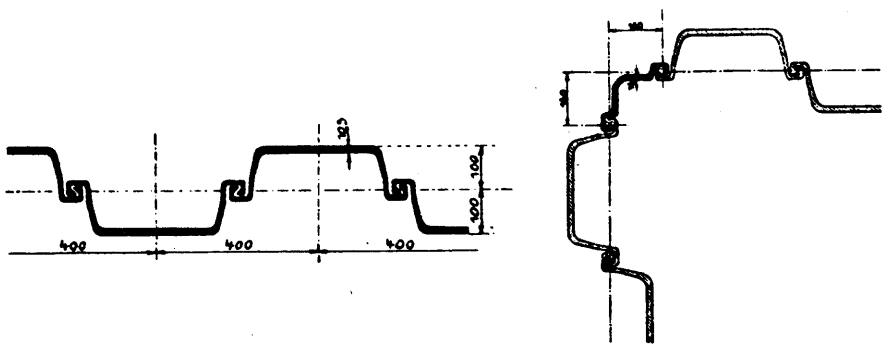
Cara pemasangan dengan steling kaki-tiga dan alat-alat pengentak paku bumi dengan kepala babi sebelum lubang bangunan atau parit digali. Dinding bendungan pada lubang bangunan dipasang dahulu sekeliling. Jika perlu kita memasang tiang topang/galang seperti pada dinding penumpu (lihat gambar 2.6.). Papan dinding bendungan pada bagian atas dilindungi dengan besi U sehingga kepala babi tidak memecahkan papan-papan itu. Kalau perlu, karena tanah keras atau tercampur batu alam, maka dipasangkan juga sepatu besi pada ujung papan yang diruncingkan seperti terlihat pada gambar 2.9. di atas. Pemasangan selalu dibuat bertahap dan pengentak dua papan bersama (lihat gambar berikut):



Gambar 2.10.

b) Dinding bendungan dari baja

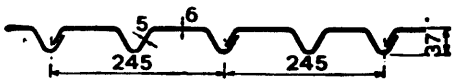
Pemasangan dinding bendungan dari baja sebenarnya sama dengan dinding bendungan dari kayu. Keuntungan dinding bendungan dari baja ialah:
luasnya profil agak kecil, maka lebih mudah dapat dimasukkan ke dalam tanah terutama tanah yang keras dan karena profil lebih kuat, tekanan dari tepi yang dapat diterima jauh lebih tinggi, sehingga menghemat tiang topang. Walaupun harganya jauh lebih mahal daripada dinding bendungan dari kayu, akhirnya lebih ekonomis, karena dinding bendungan dari baja dapat dicabut dan digunakan lagi pada lubang bangunan yang lain.
Sering juga pada bangunan besar dinding bendungan dari baja tidak dicabut lagi, melainkan langsung digunakan sebagai bekisting pondasi atau dinding beton.
Walaupun merek dinding bendungan dari baja yang terkenal *Larssen* dari Jerman Barat, masih ada banyak merek lain seperti misalnya *Rothe Erde, Lackawanna, Beval — Z.Klöckner II, Hoesch* atau *Krupp* dengan sifat masing-masing berlainan sedikit. Pada umumnya profil dinding bendungan dari baja berukuran lebar 20 s/d 45 cm, tebal 4,5 s/d 20 mm dan dalam profil 20 s/d 30 cm, yang sebagai contoh, terlihat pada gambar dinding bendungan dari baja *Larssen* berikut:



Gambar 2.11.

c) Dinding bendungan dari baja untuk parit saluran pipa air kotor

Karena dinding bendungan biasanya terlalu mahal untuk parit saluran pipa air kotor yang tidak begitu dalam, dan karena luasnya kecil ketahanan air tidak begitu penting, maka beberapa perusahaan baja memasarkan profil dinding bendungan dari baja yang sangat sederhana, khusus buat parit pipa saluran air kotor dan sebagainya, dengan merek *Union, Kölner Modell* dan sebagainya. Pada umumnya profil dinding bendungan sederhana ini berukuran lebar ± 25 cm, tebalnya 4 s/d 6 mm dan dalamnya profil ± 4 cm seperti terlihat pada gambar berikut:



Gambar 2. 12

Keuntungan pada dinding bendungan dari baja yang sederhana ialah terutama kemungkinan untuk mencabut profil baja tersebut dan menggunakannya beberapa kali.

3. Pondasi

3. 1. Pengetahuan Dasar

3. 1. 1. Guna dan arti pondasi

Pondasi ialah bagian bangunan yang menghubungkan gedung dengan tanah. Tanah harus menerima beban dari gedung (beban mati serta beban berguna) dan pondasi membagi beban itu, sehingga tekanan tanah yang diperbolehkan tidak dilewati. Pondasi harus diperhitungkan sedemikian rupa sehingga dapat menjamin kestabilan bangunan terhadap berat sendiri, beban berguna dan gaya-gaya luar seperti tekanan angin, gempa bumi dan lain-lain.
Pondasi yang diperhitungkan dengan tepat menghindarkan penurunan gedung yang tidak merata. Kita ketahui, bahwa semua bangunan akan turun sedikit oleh beban berat sendiri dan sebagainya, hanya pondasi yang baik mengakibatkan penurunan gedung yang merata. Penurunan gedung yang tidak merata mengakibatkan retak-retak pada dinding, dinding yang tidak sejajar anting lagi, atau pintu dan jendela tidak dapat dibuka lagi. Untuk menghindari kejadian itu maka pondasi diperhitungkan demikian rupa sehingga tekanan pada tanah pada seluruh gedung menjadi sama. Dasarnya perhitungan menjadi beratnya bangunan beserta beban berguna, jenis pondasi dan ukuran pondasi yang dipilih dan kekokohan landasan.
Mengenai keadaan tanah tempat bangunan kita harus mengetahui:

- Dalamnya dan tebalnya lapisan bumi (strata) terutama dari lapisan yang akan menerima beban pondasi.
- Kekokohan landasan.
- Keadaan hidrologis (pengetahuan mengenai perairan pada lapisan tanah masing-masing).

3. 1. 2. Macam-macam kemungkinan pondasi

Berhubungan dengan keadaan tanah tempat bangunan, maka dapat dibuat macam pondasi seperti berikut:

a) Keadaan tanah yang kering

Keadaan tanah yang kering berarti tanah yang tidak dapat dipengaruhi oleh air hujan dan sebagainya dengan air di dalam tanah sedikit sekali atau dalam sekali.

Bisa terjadi pada batu gunung, dan tanah yang tidak liat seperti pasir, kerikil dan sebagainya.
Jikalau kekokohan landasan cukup tinggi maka dapat dipergunakan pondasi jalur atau pondasi umpak. Dapat juga digunakan paku bumi kalau diperlukan dan kalau panjangnya melebihi 2.00 m atau kalau ada kolom beton bertulang yang berdiri pada pondasi umpak dan tingginya tidak melebihi 2.00 m.
Andaikata kekokohan landasan tidak mengizinkan salah satu kemungkinan tersebut di atas maka dapat digunakan pondasi pelat beton bertulang yang membagi beban atas seluruh luasnya gedung atau paku bumi beton bertulang dengan dalamnya sampai dengan 14.00 m. Selebihnya dari 14.00 m itu, maka ditanamkan paku bumi berkelompok atau salaian paku bumi.
Perhatian: Jangan menggunakan paku bumi dari kayu karena bahaya pembusukan.

b) Keadaan tanah yang basah

Tanah yang basah, berarti tanah yang bisa longsor jikalau kena hujan atau tanah di bawah permukaan air tanah. Pada tanah yang basah biasanya digunakan dinding bendungan.
Sesuai dengan kokohnya landasan dapat digunakan pondasi pelat beton bertulang, salaian paku bumi dari kayu atau paku bumi beton bertulang.
Perhatian: Paku bumi dari kayu hanya boleh digunakan di bawah permukaan air tanah terendah karena bahaya pembusukan.

c) Pondasi di dalam air

Karena pondasi di dalam air biasanya pekerjaan insinyur sipil basah, maka dalam rangka buku ini hanya diberikan beberapa petunjuk saja. Pada prinsipnya dapat digunakan cara seperti pada keadaan tanah yang basah, yaitu: menggunakan dinding bendungan dan pondasi paku bumi kayu atau beton bertulang. Kemudian ada juga kemungkinan dengan menimbun batu kali selebar mungkin dengan ketinggian sampai di atas permukaan air. Untuk pekerjaan-pekerjaan di bawah air dapat digunakan caisson, sebuah kotak dari kayu, baja atau beton bertulang. Kita membedakan caisson terbuka dan caisson tertutup.

Caisson terbuka: berbentuk silinder atau prisma yang terbuka pada kedua ujungnya. Ukuran dan bentuknya sesuai dengan pondasi yang dikehendaki. Pinggiran ujung bawah tajam supaya mudah masuk ke dalam tanah. Caisson diturunkan ke dasar sungai, danau dan sebagainya dan masuk ke dalamnya karena tanah digali dan/atau karena beratnya sendiri. Air di dalam caisson dikeluarkan, kemudian caisson diisi beton.

Caisson tertutup: pada umumnya digunakan dalam pekerjaan di dasar sungai dan sebagainya atau di tempat-tempat yang berpasir apung. Dalam caisson jenis ini, cukup jauh dari pinggirannya yang sebelah bawah ada sekat.
Orang dapat berdiri dan bekerja di bawahnya. Tekanan udara di ruang itu cukup

tinggi untuk mencegah air masuk dari bawah. Pekerja-pekerja turun ke dasar sungai melalui terowongan-terowongan itu. Di ujung sebelah atas terowongan-terowongan itu ada pintu udara, yang memungkinkan orang keluar masuk ruang di dekat sekat itu tanpa mengubah tekanan udara di ruang itu.
Sejalan dengan turunnya caisson, ruang antara terowongan-terowongan diisi beton dan akhirnya ruang di bawah sekat itu pun terisi beton. Buruh yang bekerja di caisson tertutup bekerja dalam ruang yang bertekanan tinggi. Sekatan keluar mendapat perawatan khusus, supaya biasa lagi pada tekanan udara normal.

3. 1. 3. Bahan bangunan pondasi

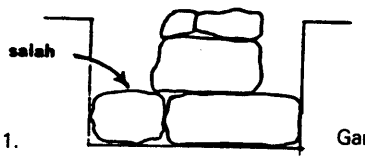
Pondasi bangunan-bangunan dapat kita bedakan menurut bahan bangunan yang digunakan seperti batu kali, batu buatan, beton dan sebagainya seperti kita perhatikan pada bagian berikut:

a) Pondasi batu kali

Pondasi dari batu kali dapat dibuat dengan batu pecahan yang cukup besar. Harus diperhatikan agar celah-celah antara batu kali selalu berselang-seling dan diisi dengan adukan 1 (bagian) kapur : 1 semen merah : 3 pasir atau 1 (bagian) kapur : 5 tras atau ½ (bagian) semen portland : 1 kapur : 7 pasir. Semua batu kali harus terletak rata dan tepat pada tempatnya. Lebar pondasi dibuat sekurang-kurangnya 5 cm lebih tebal dari dinding pada sisi masing-masing. Biasanya dipilih lebarnya pada sisi masing-masing sebanyak ½ tingginya pondasi.

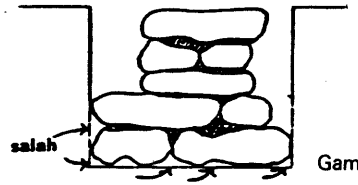
Gambar 3. 1.

Salah karena batu kali tidak teratur letaknya



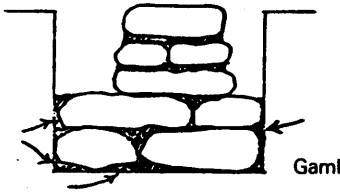
Gambar 3. 2.

Salah karena batu kali di samping tidak bisa ikut menerima beban



Gambar 3. 3.

Salah karena masih ada celah-celah yang tidak terisi adukan



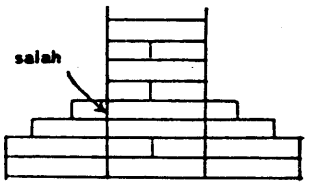
Gambar 3. 4.

Cara pemasangan yang sungguh betul

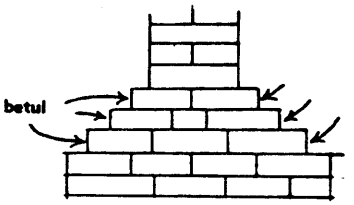
Kecuali menurut gambar-gambar di atas tentu saja pondasi dengan batu kali boleh juga dipasang dengan bentuk trapesium yang simetris.

b) Pondasi batu buatan

Pondasi juga bisa dibuat dari batu buatan, yaitu batu semen, batu merah berkualitas tinggi sehingga tahan air atau batu batako yang mengandung semen portland cukup. Tingginya pondasi batu buatan paling sedikit lima lapisan batu dengan pengaturan batu yang betul dan adukan seperti ditunjuk pada pondasi batu buatan.



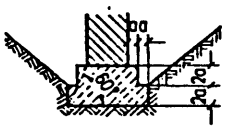
Gambar 3. 5.



Gambar 3. 6.

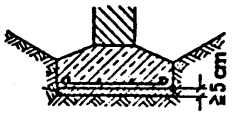
c) Pondasi beton

Pondasi beton (yang tidak bertulang) biasanya digunakan hanya pada rumah tinggal dengan satu atau dua tingkat dan pada bangunan-bangunan lainnya yang sederhana saja. Karena beton ini tidak bertulang, maka harus diperhatikan bahwa beton ini hanya dapat menerima gaya tekan. Sebagai bahan bangunan biasanya digunakan beton K 150 sampai dengan K 175 tetapi bisa juga digunakan campuran 1 (bagian) semen portland : 5 semen merah : 8 pasir/kerikil halus.



Gambar 3. 7.

pondasi beton tanpa tulang



Gambar 3. 8.

pondasi beton bertulang

d) Pondasi beton bertulang

Pada bangunan yang bertingkat atau pada keadaan tanah dengan kekokohan landasan yang jelek, kita memerlukan pondasi yang agak lebar. Konstruksi beton tidak bertulang menjadi pondasi yang tinggi (dalam) sekali. Maka dalam hal ini pondasi beton bertulang jauh lebih ekonomis karena walaupun lebar, tingginya (dalamnya) tak seberapa. Berarti menghemat beton. Pada umumnya boleh dikatakan, bahwa tiap-tiap besi beton yang masuk ke dalam pondasi akan bisa berkurang pada bagian atas, atau dengan kata lain: jangan menghemat uang pada pondasi karena pondasi sangat penting. Jikalau pondasi kuat, bangunan atas dapat dibangun lebih sederhana karena bahaya retak telah ditiadakan.

Pada pondasi beton bertulang harus diperhatikan hal-hal berikut:

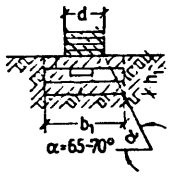
— Setelah digali parit untuk pondasi, di dalamnya diletakkan 5 cm beton K 100 sampai dengan K 150 sebagai dasar. Ini diperlukan sehingga besi beton tidak bisa kotor karena tanah. Kemudian, sesudah besi beton dipasangkan, parit untuk pondasi diisi dengan beton minimal K 250, atau lebih baik K 275 sampai dengan K 300.

3. 1. 4. Penentuan ukuran pondasi minimal

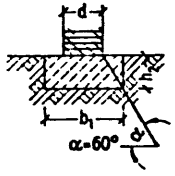
a) Dalamnya pondasi

Dalamnya pondasi h ditentukan oleh tebalnya dinding atas d, lebarnya pondasi b dan sudut membagi tekanan α yang tergantung dari bahan bangunan pondasi yang dipilih, seperti terlihat pada tabel berikut:

Bahan bangunan pondasi	Sudut membagi tekanan α	Dalamnya pondasi paling minimal
Batu kali (Gambar 3. 9.)	65° s/d 70°	60 cm
Batu buatan	60°	30 cm
Beton (Gambar 3. 10.)	60°	30 cm
Beton bertulang	tidak terbatas	30 (+ 5) cm



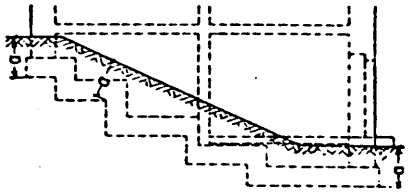
Gambar 3. 9.



Gambar 3. 10.

Harus diperhatikan, bahwa pondasi selalu harus 'duduk' kuat di dalam tanah. Maka sebaiknya jangan di dalam humus atau tanah yang mudah longsor. Jikalau perlu, harus kita menambah dalamnya pondasi sampai lapisan tanah yang kuat bisa menerima beban bangunan tersebut.

Kalau miringnya tanah bangunan lebih besar dari 10% (10 cm per 1 m), maka pondasi bangunan harus dibuat rata atau merupakan 'tangga' dengan bagian atas dan bawah (semua bagian) pondasi yang datar, seperti terlihat pada gambar berikut:



Gambar 3. 11.

Pada pondasi batu gunung tidak perlu diperhatikan dalamnya, asal seluruh bangunan 'duduk' pada batu gunung itu.

b) Lebarnya pondasi

Lebarnya pondasi b tergantung dari tebalnya dinding atas d, pada kekokohan landasan dan dalamnya pondasi. Lebarnya minimal didapat dari dinding batu merah setebal 1 batu = ± 11 cm ditambah dua kali 5 cm. Maka b menjadi 21 cm (20 cm) minimal. Harus diperhatikan, bahwa cangkul atau skop masih dapat masuk pada parit pondasi yang hendak digali. Seperti telah dikatakan pada bab 1. 2. (Penyelidikan tanah). Pemeriksaan/penyelidikan tanah sangat penting pada perhitungan pondasi yang terutama tergantung pada kekokohan landasan.

3. 1. 5. Kekokohan landasan

Kita bedakan tiga golongan kekokohan landasan, yaitu: yang baik, yang sedang dan yang jelek.

— Sebagai kekokohan landasan yang baik dimaksudkan tanah yang tidak atau hampir tidak dapat dipres. Tebalnya lapisan tanah ini seharusnya paling sedikit 2.00 m sampai dengan 3.00 m, seperti misalnya batu gunung, kerikil yang sudah dipres padat sekali dan kering dan sebagainya.

— Dengan kekokohan landasan yang sedang kita maksudkan, tanah yang dapat dipres seperti misalnya kerikil dengan pasir yang basah, tanah liat, lempung dan sebagainya. Tebalnya lapisan tanah ini seharusnya paling sedikit setebal 3.00 sampai dengan 4.00 m.

— Dengan kekokohan landasan yang jelek kita maksudkan, tanah yang menyingkir jikalau dipres, seperti misalnya pasir atau tanah liat yang basah, humus, rawa-rawa atau timbunan tanah yang masih muda/baru.

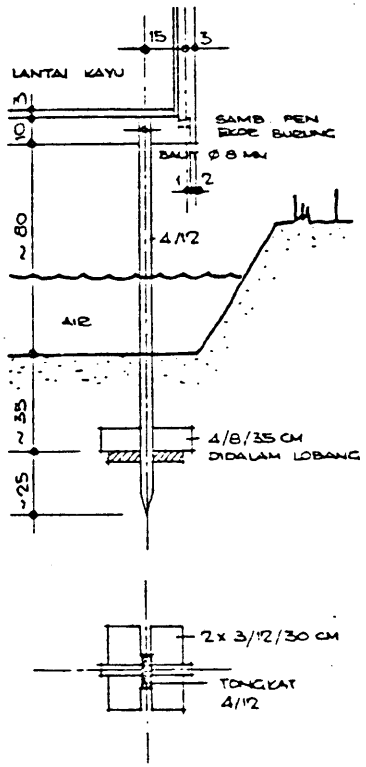
Sebagai nilai penentuan kekokohan landasan kita tentukan gaya tahanan γ dalam kg/cm² yang merupakan penurunan bangunan yang masih diperbolehkan, yaitu pada bangunan perumahan/umum maksimal 2,5 cm, pada gedung perindustrian maksimal 3,5 cm dan pada bangunan gudang/bangsal dan bangunan sementara maksimal 5,0 cm. Kekokohan landasan γ dapat ditentukan menurut tabel berikut:

Jenis tanah	kekokohan landasan γ
Batu gunung keras, masif	8 — 25 kg/cm²
Cadas	4 — 8 kg/cm²
Tanah batu-batuan di pegunungan	4 — 5 kg/cm²
Pasir-kerikil padat	3 — 6 kg/cm²
Tanah lempung/liat bercampur pasir	0,8 — 1,5 kg/cm²
Tanah lempung/liat atau tanah timbunan	0,2 — 0,8 kg/cm²
Tanah daerah rawa-rawa	0,2 — 0,5 kg/cm²

3. 2. Pondasi Umpak dan Pondasi Jalur

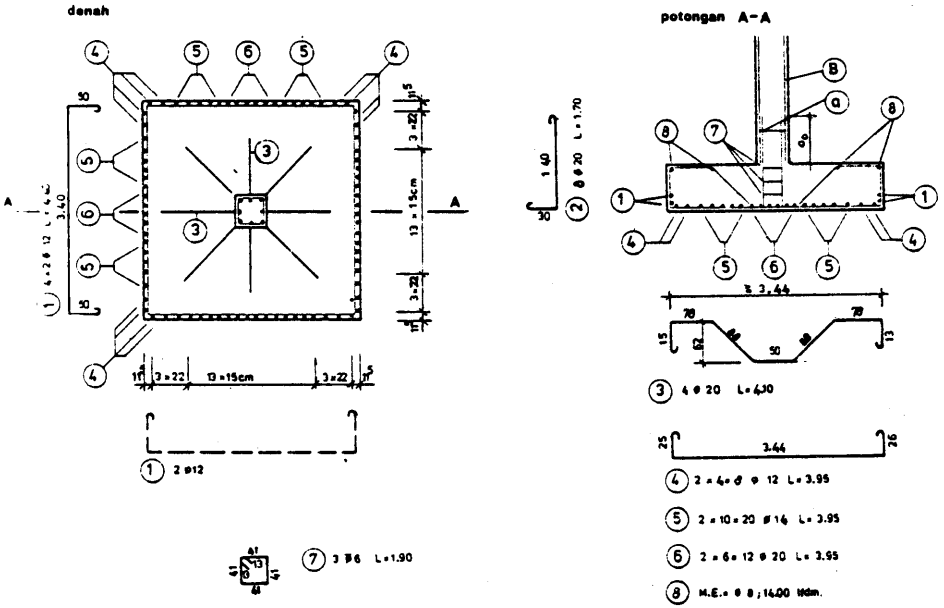
3. 2. 1. Pondasi umpak

Pondasi umpak kita gunakan pada bagian bangunan yang terpisah seperti misalnya kolom, tiang dan sebagainya. Kemudian pada bangunan sementara atau bangunan konstruksi kayu di daerah rawa-rawa seperti terlihat pada gambar berikut:



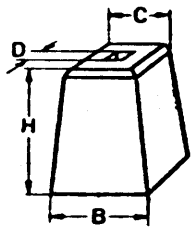
Gambar 3. 12.

Selain bangunan berkonstruksi kayu menurut gambar 3. 12. di atas, maka biasanya pondasi umpak menerima beban yang berat dan karena itu biasanya dibuat dari beton bertulang. Lihat juga bab 3. 1. 3. d. (Pondasi beton bertulang).



Gambar 3. 13.

Pada bangunan sementara sering juga digunakan penumpu batu alam masif yang bertarah atau balok beton bertulang yang pre-fabrikasi dan ditaruh di atas permukaan tanah yang diratakan saja.



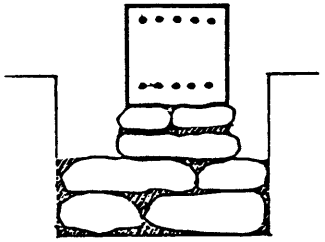
Gambar 3. 14.

3. 2. 2. Pondasi jalur

Pondasi jalur dapat kita gunakan pada keadaan tanah bangunan yang seragam. Sebagai bahan bangunan dapat digunakan semua kemungkinan yang telah diuraikan pada bab 3. 1. 3. (Bahan bangunan pondasi) beserta gambar-gambarnya.

Foto pondasi jalur batu kali

Untuk menghindari kenaikan kelembaban dari tanah lewat pondasi ke dalam dinding batu buatan, maka sebaiknya pada pondasi batu kali dan pondasi batu buatan dibuat suatu balok beton bertulang (rolag, trasram) setebal dinding setinggi ± 30 cm. Balok beton bertulang itu juga membantu untuk membagi gaya-gaya dan beban seragam ke pondasi dan ke tanah bangunan.



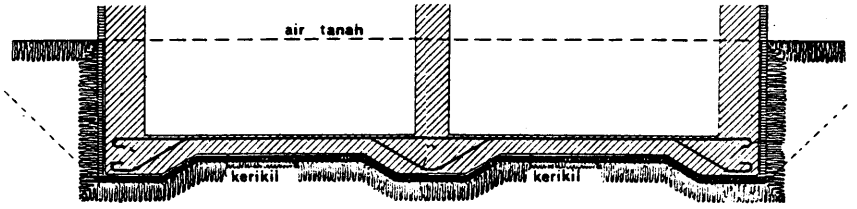
Gambar 3. 15.

3. 3. Pondasi Pelat Beton Bertulang

Pondasi pelat beton bertulang biasanya seluas ukuran gedung yang direncanakan. Sebaliknya dari pondasi umpak atau pondasi jalur, pondasi pelat beton bertulang seluruh pelat membagi beban ke tanah bangunan. Maka dalam hal ini pelat beton bertulang biasanya digunakan jikalau:

- Oleh kekokohan landasan yang jelek atau beban bangunan yang tinggi pondasi jalur begitu lebar, sehingga kita lebih beruntung jikalau membuat pondasi pelat beton bertulang.
- Raster atau jarak-jarak tiang/dinding dengan beban bangunan tinggi lebih kecil daripada 8.00 m.
- Beban bangunan yang tinggi sudah dibagi seragam pada seluruh luasnya bangunan oleh konstruksi di atas.
- Daerah itu sering banjir dan pondasi pelat beton bertulang dapat menghindarkan air akan naik dari bawah.

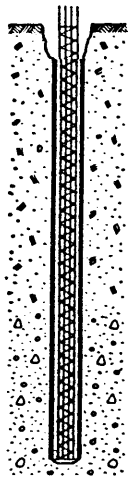
Perhitungan pondasi pelat beton bertulang dilakukan seperti suatu loteng dari beton yang terbalik (tekanan tanah = beban berguna dari bawah dan kolom dengan beban bangunan = reaksi tumpuan dari atas ke bawah).



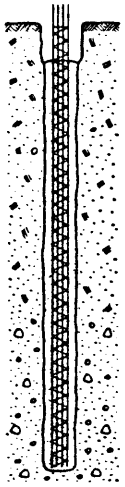
Gambar 3. 16.

3. 4. Pondasi Paku Bumi

Pondasi paku bumi diterapkan pada bangunan/gedung yang harus didirikan pada suatu tanah bangunan yang tidak memungkinkan landasan yang kokoh. Gaya-gaya yang diperkenankan per paku bumi dapat diterima dengan dua cara, yaitu: *paku bumi beralih* yang mengalirkan beban bangunan ke suatu lapisan tanah dengan kekokohan landasan yang cukup tinggi terletak jauh di bawah permukaan tanah. Secara konstruktif paku bumi beralih dapat diperlakukan sebagai paku bumi pelantak (lihat bab 3. 4. 1.) atau paku bumi pemboran (lihat bab 3. 4. 3.), seperti terlihat pada gambar 3. 17. berikut:



Gambar 3. 17.
Paku bumi beralih



Gambar 3. 18.
Paku bumi pergesekan

Jikalau lapisan tanah dengan kekokohan landasan yang cukup tinggi terlalu jauh terletak di bawah permukaan tanah atau sama sekali tidak ada, maka kita menggunakan *paku bumi pergesekan.* Secara konstruktif paku bumi pergesekan dibuat biasanya sebagai paku bumi pemboran (lihat bab 3. 4. 2.). Karena nilai paku bumi pelantak oleh permukaan yang licin sangat rendah. Lihat gambar 3. 18. berikut:

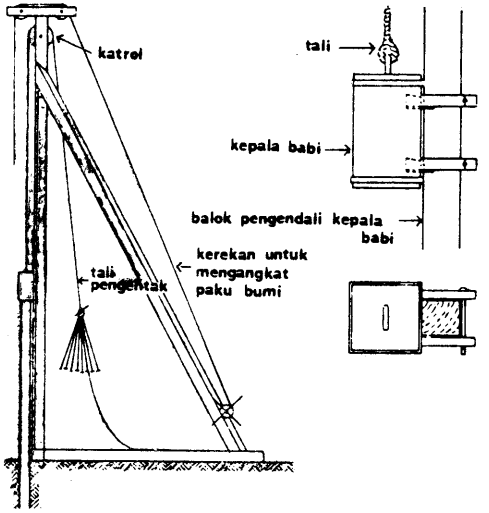
3. 4. 1. Paku bumi pelantak

Paku bumi pelantak dapat dibagi atas paku bumi pelantak siap-jadi atau paku bumi pelantak dibuat dari beton berisi.
Paku bumi pelantak siap-jadi terdiri dari kayu, baja atau beton bertulang dan akan dilantak ke dalam tanah. Sebelum menggunakan paku bumi pelantak harus diadakan penyelidikan tanah yang tepat dan yang menentukan dalamnya lapisan tanah dengan kekokohan landasan yang kuat pada seluruh luas tanah bangunan. Penyelidikan tanah itu harus dilakukan dengan alat bor tanah. Jikalau penyelidikan tanah itu tidak dilaksanakan dengan teliti, maka akan timbul bahaya paku bumi tidak sampai lapisan tanah dengan kekokohan landasan yang kuat dan gedung yang akan didirikan mengalami penurunan pondasi yang tidak seragam. Sistem paku bumi

pelantak tidak dapat dilakukan pada tanah yang berisi batu-batuan yang besar dan sebagainya.
Pemasangan/pelantakan dilakukan dengan alat pengentak. Menurut ketepatgunaannya pengentak dapat dibagi atas pengentak tangan dengan bobot kepala babi yang besar serta jumlah pukulan per menit yang kecil dan pengentak diesel dengan bobot kepala babi yang agak kecil tetapi jumlah pukulan per menit yang besar.

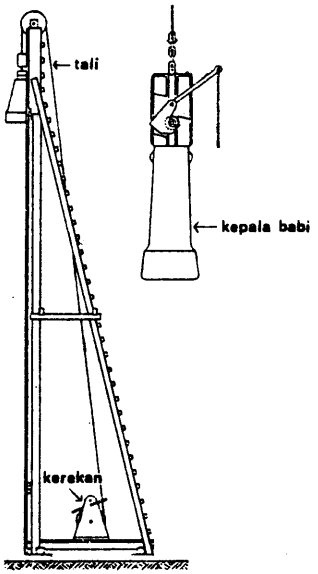
a) Pengentak tangan

Terlihat dari namanya, pengentak tangan dikerjakan dengan tangan. Pada suatu steling kaki-tiga (lihat gambar berikut) dipasang balok pengendali kepala babi dan sebuah katrol di ujung atas. Kemudian buruh-buruh menarik tali pengentak (1 buruh = 10 s/d 12,5 kg kepala babi) dan kemudian melepaskannya. Kepala babi jatuh ke kepala paku bumi, yang akan turun masuk ke dalam tanah. Berat kepala babi 100 s/d 300 kg, tinggi pengangkatnya 1.20 m s/d 1.50 m, hasil per jam kira-kira 15 biang (1 biang = 25 s/d 30 pukulan).



Gambar 3. 19.

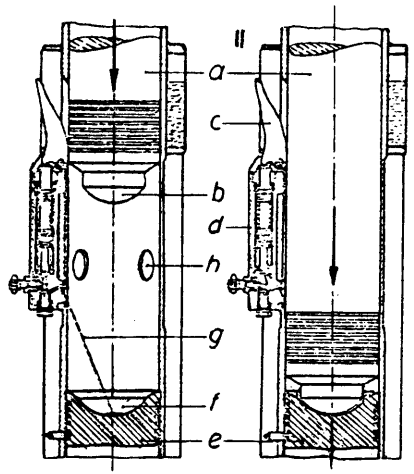
Untuk mempermudah pekerjaan penarikan kepala babi, dapat juga dipasang sebuah kerekan. Berat kepala babi sekarang sampai 2.0 t dan tinggi pengangkatan 10 m sampai dengan 12 m. Kepala babi diikat dengan kaitan pada suatu puji-jalan. Sesudah kepala babi dinaikkan, tali kaitan ditarik, sehingga kepala babi jatuh pada kepala paku bumi. Kemudian puji-jalan diturunkan dan diikat lagi dengan kaitan dan seterusnya.



Gambar 3. 20.

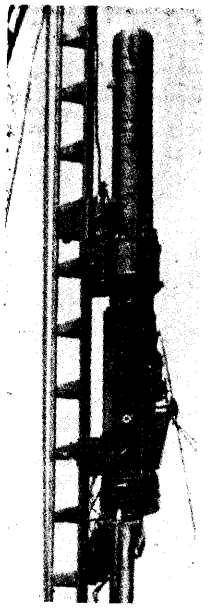
b) Pengentak diesel

Pengentak diesel bekerja dengan injeksi solar yang terbakar oleh pukulan kepala babi. Kemudian oleh eksplosi kepala babi terangkat dan seterusnya, seperti terlihat pada gambar dan foto berikut:



Gambar 3. 21

Pada gambar I kepala babi (a) jatuh oleh bobotnya ke bawah dan menekan tangkai injeksi (c) pada pompa solar (d). Oleh kejadian ini sedikit solar disemprotkan (g) ke dalam piringan (f) di atas piston kepala babi (e). Pada gambar II kepala babi dengan ujungnya yang bulat (b) telah jatuh ke dalam piringan (f). Karena itu piston kepala babi memukul paku bumi dan karena pada waktu itu juga solar bereksplosi pukulan diperkeras dan kepala babi akan terlempar kembali ke atas. Sesudah kepala babi melewati celah-celah (h) maka tekanan tinggi di dalam silinder tidak ada lagi, asap keluar pada celah-celah itu dan udara baru masuk. Kemudian kepala babi jatuh lagi dan seterusnya.



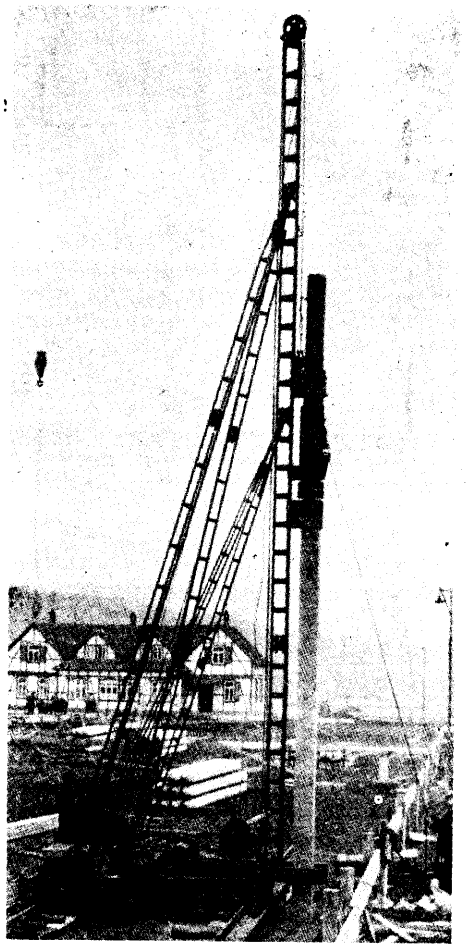
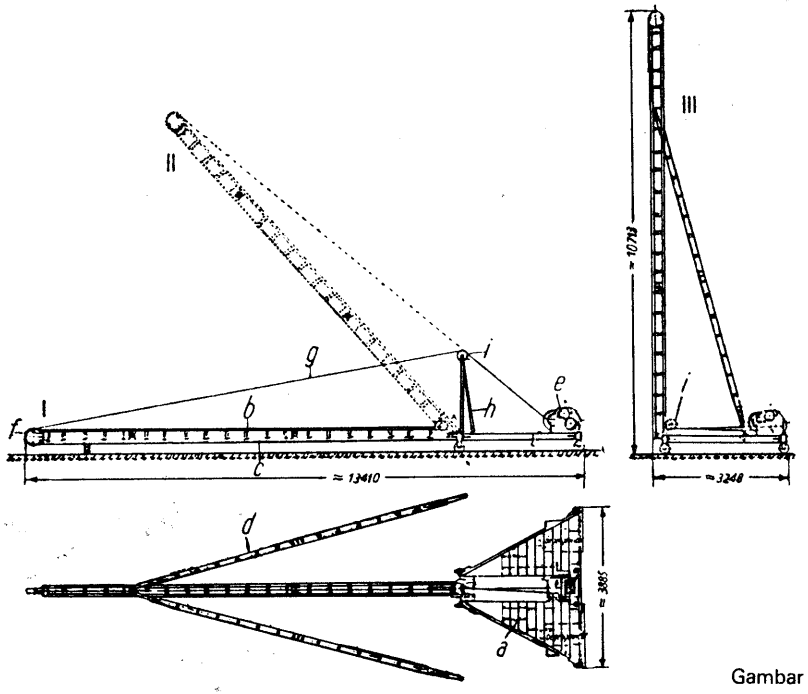


Foto-foto pengentak diesel (3. 22.) merek Delmag D 12 dari Jerman Barat

Pengentak diesel biasanya dibangun dengan kepala babi 300 kg sampai dengan 2.200 kg, tinggi angkatan 0,90 sampai dengan 1,80 m, hasil per jam 50-60 pukulan. Pemakaian bahan bakar pengentak diesel dengan kepala babi 500 kg sekitar 2,5 kg/jam.

Tentu saja suatu pengentak diesel memerlukan steling yang jauh lebih kuat daripada pengentak tangan. Gambar berikut menerangkan pendirian sebuah steling untuk pengentak diesel.



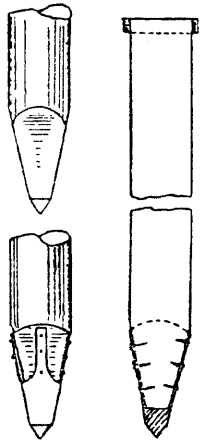
Gambar 3. 23.

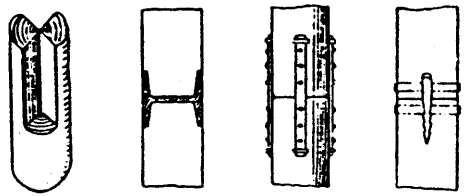
Pendirian steling GF 15, Delmag dari Jerman Barat, a) pelat dasar dengan bobot pengimbangan, b) tiang induk, c) balok pengendali kepala babi, d) tiang topang, e) kerekan untuk mendirikan steling, f) katrol atas, g) tali untuk mendirikan steling, h) tiang bantu dengan katrol, i) katrol bawah.

c) Paku bumi pelantak kayu

Paku bumi pelantak kayu hanya dapat digunakan, jikalau selalu berada di dalam air, sehingga karena tidak ada oksigen kayu tidak bisa busuk. Jarak antara paku bumi pelantak dari kayu sekurang-kurangnya 2,5 kali garis-tengah dan harus lebih besar dari 60 cm. Pengukuran dapat dilakukan menurut tabel berikut:

Panjang paku bumi	Ø paku bumi	kekuatan paku bumi
4.00 m	20 cm	–
6.00 m	20-25 cm	28 t
10.00 m	25-35 cm	33 t
15.00 m	35-45 cm	40 t





Gambar 3. 25.
Sambungan paku bumi dari kayu

Gambar 3. 24.
Detail paku bumi dari kayu

d) Paku bumi pelantak profil baja

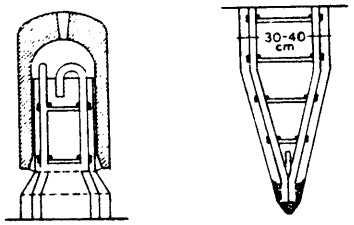
Paku bumi profil baja agak jarang digunakan karena sistem ini biasanya terlalu mahal. Jikalau digunakan paku bumi pelantak profil baja harus diadakan persiapan terhadap karat.

Gambar 3. 26.

e) Paku bumi pelantak beton bertulang

Paku bumi pelantak beton bertulang sering digunakan, karena kita tidak perlu memperhatikan keadaan air tanah seperti pada paku bumi pelantak kayu atau masalah karat seperti pada paku bumi pelantak profil baja. Panjangnya dapat dibuat menurut keperluan. Paku bumi pelantak beton bertulang yang dicor dahulu, harus cukup kuat pula untuk diangkut dan dikerjakan. Panjangnya tidak boleh lebih dari 45 kali garis-tengahnya.
Pengukuran dapat dilakukan menurut tabel berikut:

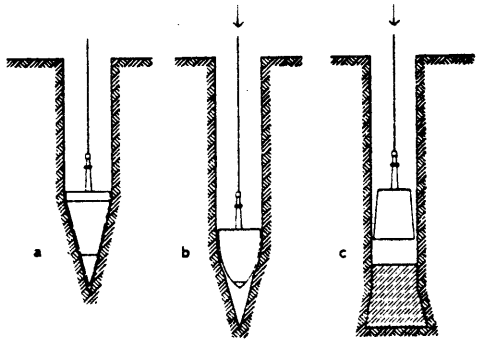
Panjang paku bumi	ukuran paku bumi	kekuatan paku bumi
lebih dari- pada 5.00 m	30/30 cm 35/35 cm 40/40 cm	40 t 48 t 55 t



Gambar 3. 27.

Catatan: Pada tiap-tiap paku bumi pelantak dari kayu, profil baja atau beton bertulang harus diadakan catatan pada buku laporan. Pada tiap-tiap paku bumi pelantak kemudian diukur dan dicatat nilai pemasukan tanah pada ketiga biang (1 biang = 10 pukulan) yang terakhir.

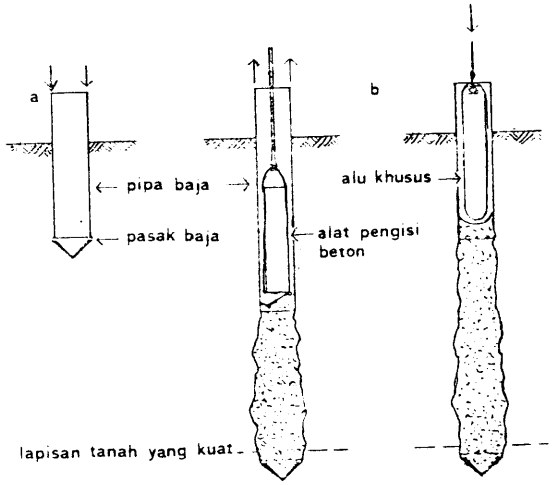
Paku bumi pelantak beton atau beton bertulang dapat juga dilakukan sedemikian rupa, sehingga melubangi tanah. Kemudian lubang itu diisi beton yang ditumbuk di dalam lubang seperti terlihat pada gambar berikut:



Gambar 3. 28.

a) Alu tajam yang mendalamkan lubang paku bumi, b) alu tumpul yang memperbesar lubang paku bumi, c) alu khusus penumbuk beton yang diisikan ke dalam lubang.

Tentu saja sistem Dulac ini hanya berlaku pada tanah yang homogin tanpa batu-batuan dan pada tempat yang tidak kena air tanah. Sistem ini juga hanya dapat digunakan pada tiang yang agak pendek karena tidak mungkin diberi besi tulang.
Untuk memperhatikan kelemahan pada sistem Dulac di atas dapat digunakan sistem Simplex paku bumi pelantak berikut:

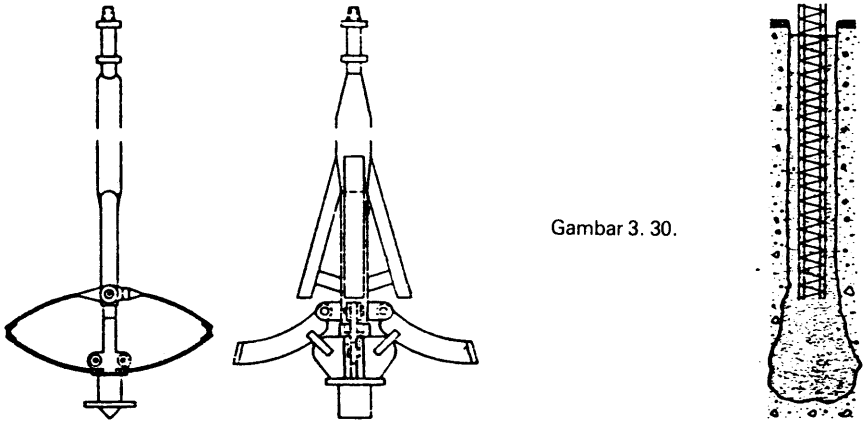


Gambar 3. 29.

a) Pelantakan pipa baja untuk paku bumi, b) pengisian dan penumbukan beton serta penarikan pipa baja untuk paku bumi sekaligus ke atas.
Pada sistem Simplex kita lantakkan pipa baja dengan pasak baja ke dalam tanah sampai kena lapisan tanah dengan kekokohan landasan yang baik.
Kemudian diisikan dan ditumbukkan beton ke dalam pipa baja untuk paku bumi serta pipa baja itu sekaligus ditarik ke atas. Pasak baja tertinggal di bawah, dan hilang.
Paku bumi pelantak beton sistem Simplex juga bisa diperkuat dengan besi tulang.

3. 4. 2. Paku bumi pemboran

Paku bumi pemboran menguntungkan sekali dibandingkan dengan paku bumi pelantak. Tidak memerlukan pengentak hanya steling kaki-tiga yang sederhana. Karena paku bumi tidak dilantakkan maka tidak terjadi getaran. Sesuatu yang penting sekali jikalau pondasi ini terletak di dekat bangunan-bangunan lama. Oleh karena paku bumi ini dibor, maka dapat diambil contoh-contoh tanah pada lapisan tanah masing-masing. Batu-batuan atau lapisan tanah yang keras dengan mudah dapat ditembus, karena alat-alat membor cukup keras. Jikalau paku bumi pemboran akan dijadikan paku bumi beralih, maka kita memperbesar lubang pada bagian kaki dengan alat-alat khusus seperti terlihat pada gambar berikut, sehingga paku bumi akan kuat dan berbentuk seperti bawang bombay.

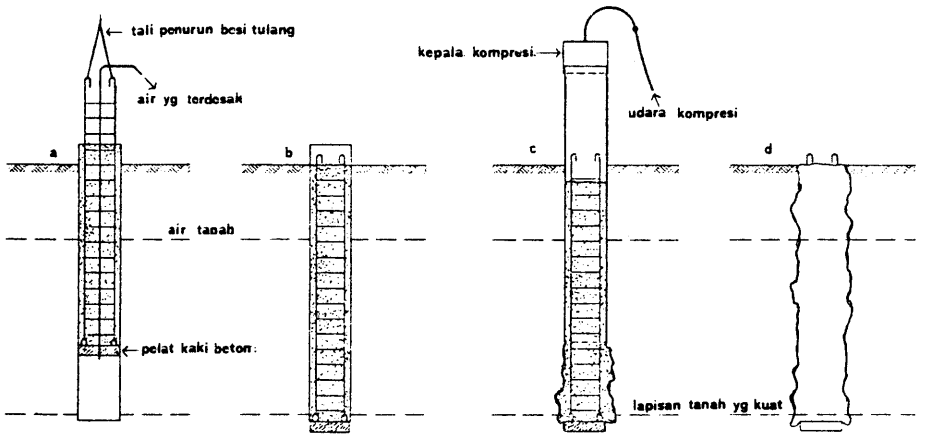


Gambar 3. 30.

Alat-alat membor khusus kaki paku bumi beralih

Paku bumi beralih

Jikalau paku bumi pemboran akan menjadi paku bumi pergesekan, maka kita perhatikan cara pembuatannya pada sistem Michaelis Mast seperti terlihat pada gambar-gambar berikut:



Gambar 3. 31.

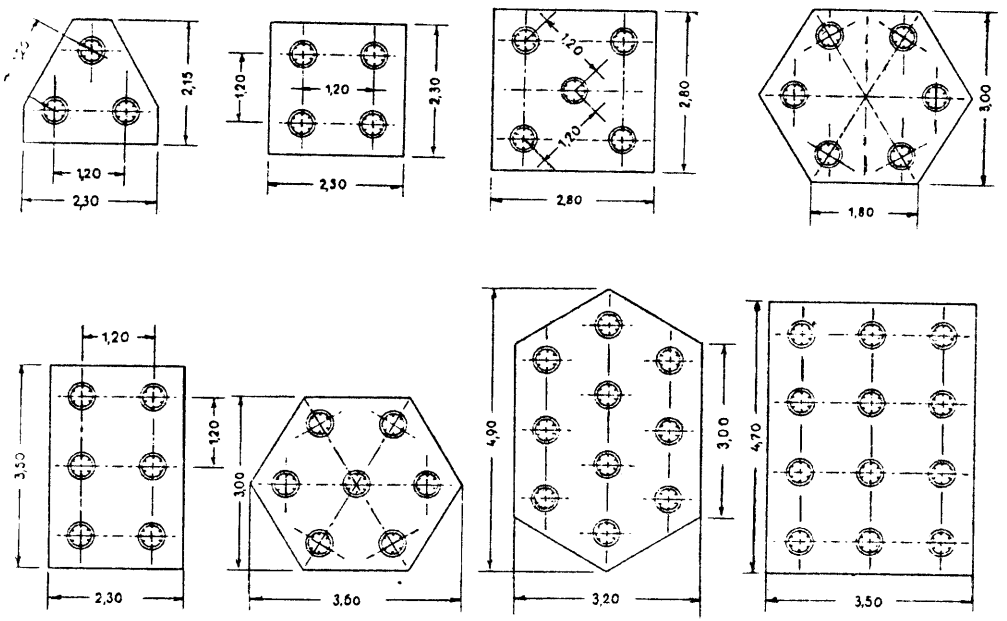
a) Besi tulang yang dihubungkan dengan pelat kaki beton diturunkan di dalam pipa baja paku bumi dengan selalu langsung diisi beton. Air tanah lewat pipa air terdesak ke atas, b) pelat kaki beton berada pada lapisan tanah yang kuat dan pipa baja paku bumi terisi beton, c) pemasangan kepala kompresi, udara kompresi akan menekan pipa baja paku bumi ke atas dan menekan beton ke bawah, d) paku bumi pemboran yang diselesaikan.

Pada sistem Michaelis Mast kita menurunkan di dalam pipa baja untuk paku bumi besi tulang yang dihubungkan dengan pelat kaki beton. Makin turun pelat kaki beton pipa baja dari paku bumi makin terisi beton. Kemudian pada bagian ujung atas pipa baja tersebut dipasang kepala kompresi dan selanjutnya udara kompresi diatur demikian rupa, sehingga pipa baja akan tertarik ke luar dan beton tertekan ke dalam. Jikalau perlu proses ini dapat dihentikan sehingga dapat menambah beton ke dalam pipa baja paku bumi itu.

3. 4. 3. Salaian-salaian paku bumi

Apa pun yang digunakan: paku bumi pelantak atau pemboran, paku bumi beralih atau pergesekan, dan apa pun bahannya: kayu, baja, beton atau beton bertulang, selalu harus diadakan suatu salaian paku bumi. Salaian paku bumi dapat dibentuk sebagai pondasi tulang, pondasi jalur atau pondasi pelat, akan tetapi selalu digunakan beton bertulang.

Pada paku bumi pemboran dari permulaan diadakan ujung-ujung tulang yang keluar dan yang dapat dihubungkan dengan besi tulang pondasi. Jikalau digunakan paku bumi pelantak beton bertulang seperti terlihat pada gambar 3. 27., maka kepala paku bumi harus dipecah sehingga besi tulang bebas keluar sehingga juga dapat dihubungkan dengan besi tulang pondasi.



Gambar 3. 32.

Pada pondasi jalur, paku bumi dilantak dalam satu atau dua barisan dan pada pondasi pelat beton di bawah dinding bangunan. Pada pondasi umpak, kita perhatikan gambar-gambar berikut dengan paku bumi bergaris-tengah 48 cm. Harus diperhatikan ukuran-ukuran minimal seperti berikut: Jarak dari tepi pondasi ke pusat paku bumi sekurang-kurangnya harus 1,2 kali garis-tengah paku bumi. Jarak dari pusat paku bumi ke pusat paku bumi sekurang-kurangnya 2,5 kali garis-tengah paku bumi.
Jumlah paku bumi sekurang-kurangnya tiga buah.

3. 5. Pencegahan Terhadap Rayap

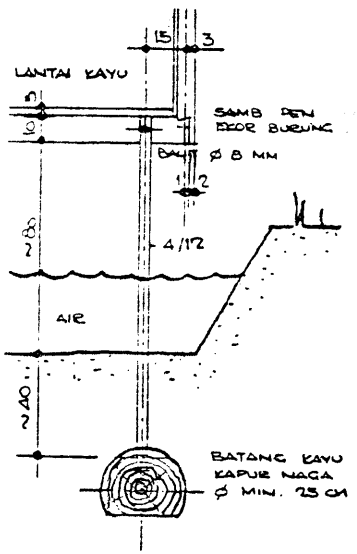
Pencegahan binatang-binatang perusak (rayap/anai-anai) lebih baik dilaksanakan sebelum gedung yang akan dibangun itu didirikan, karena pembasmian rayap selalu lebih mahal dari pencegahan. Ada beberapa macam tindakan pencegahan terhadap rayap, yaitu:

- Memperhatikan bahaya rayap dalam perencanaan dan perincian pekerjaan
- Pengawetan dengan obat-obatan
- Pencegahan selama pelaksanaan pendirian bangunan
- Menggunakan bahan-bahan bangunan yang tidak dapat dirusak oleh rayap, seperti beton, baja, kaca dan sebagainya.

Selanjutnya di dalam rangka buku ini kita hanya memilih tindakan pertama. Di sini kita membedakan dua pokok kemungkinan, yang hubungannya dengan tanah tempat bangunan, yaitu: Pencegahan pada lapangan berawa-rawa dan pencegahan pada lapangan yang kering.

3. 5. 1. Pencegahan pada lapangan berawa-rawa

Karena pada daerah rawa-rawa biasanya hanya dibangun gedung yang sederhana dan berkonstruksi kayu, maka kita selanjutnya memperhatikan hanya pencegahan terhadap rayap pada konstruksi kayu. Pemasangan gedung di atas tiang-tiang di dalam air. Bilamana perlu di bawah bangunan yang direncanakan itu diadakan galian. Perlu diperhatikan, bahwa air harus bisa selalu berganti/mengalir. Air tergenang menjadi tempat nyamuk (Malaria). Di daerah pasang-surut cukup jikalau air pasang menggenangi bawah rumah.

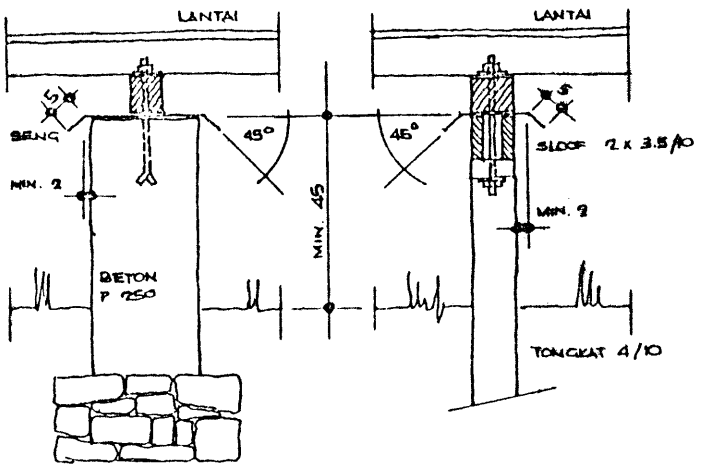


Gambar 3. 33.

3. 5. 2. Pencegahan pada lapangan yang kering

a) Pada bangunan berkonstruksi kayu

Pemasangan bangunan berkonstruksi kayu di atas penumpu/pondasi umpak atau pondasi jalur dari beton yang ditutup dengan seng di atas alas. Seng itu harus dipilih dari bahan yang tahan karat, yang bisa dilekukkan dan yang tahan terhadap kerusakan mekanis. Ketentuan ini besar artinya terutama pada bangunan yang istimewa menggunakan seng tembaga atau kuningan. Pada bangunan lain digunakan seng yang digalvanisasi, dengan tebal sekurang-kurangnya BWG 24. Sambungan-sambungan yang dilipat harus juga disolder seperti juga semua tembusan yang terjadi pada strip seng ini seperti baut, paku dan sebagainya. Pada jarak 2 cm sebelah luar pondasi seng dilekukkan dengan sudut 45° ke bawah selebar 5 cm seperti terlihat pada gambar-gambar berikut:

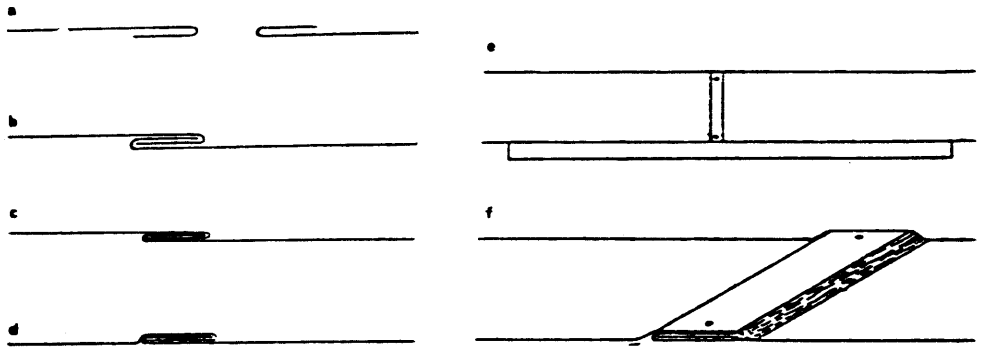


Gambar 3. 34.

b) Pada bangunan berkonstruksi batu

Karena pada bangunan berkonstruksi batu, misalnya batu merah, terlalu sulit mengadakan suatu strip seng yang dilekukkan seperti diuraikan pada bangunan berkonstruksi kayu, maka pada bangunan berkonstruksi batu kita pasang strip seng itu lurus dan yang keluar hanya 1½ cm dari sisi dinding masing-masing. Supaya seng ini tidak mengganggu sebaiknya dipasang pas di atas pangkalan batu dan sebagainya. Maksud pembuatan cara ini adalah agar rayap tidak mungkin dapat naik tanpa sepengetahuan penghuni gedung karena rayap itu harus melewati seng yang terbuka sekeliling semua dinding dan dengan begitu dengan mudah dapat dimusnahkan.
Tetapi pekerjaan seng seperti telah diutarakan, harus dilakukan dengan teliti betul. Cara pelaksanaan diperlihatkan pada gambar-gambar berikut:

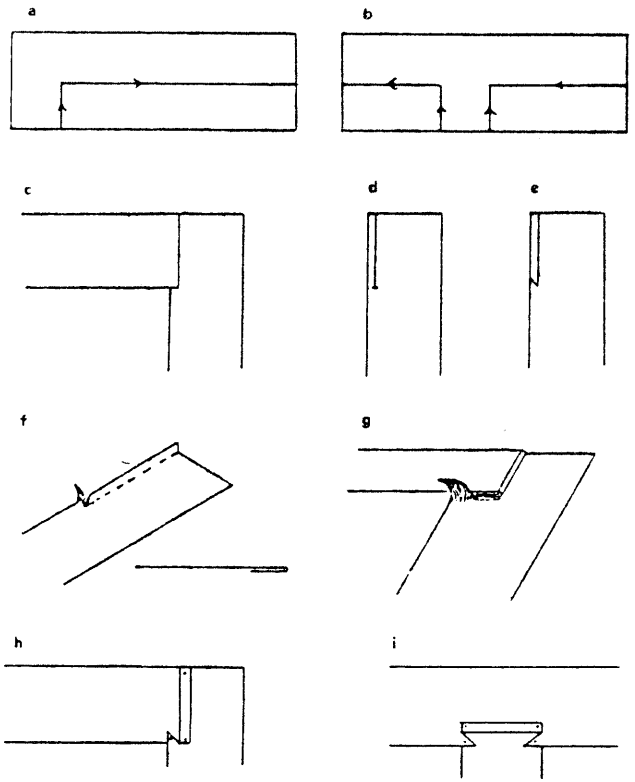
Sambungan lurus:



Gambar 3. 35.

a) Dilipat 1½ cm sekali ke bawah — sekali ke atas dan b) kedua ujung dihubungkan c) sambungan dipukul dengan tukul kayu sehingga rapat betul dan d) sambungan dikunci seperti terlihat pada gambar e) dengan sebuah mistar atau les yang lurus diperiksa sehingga sambungan ini lurus betul dan dua keling dipasang pada pinggir masing-masing f) kemudian pada bagian atas sambungan ini disolder; jikalau ingin bekerja baik-baik bisa juga disolder bagian bawah sambungan ini.

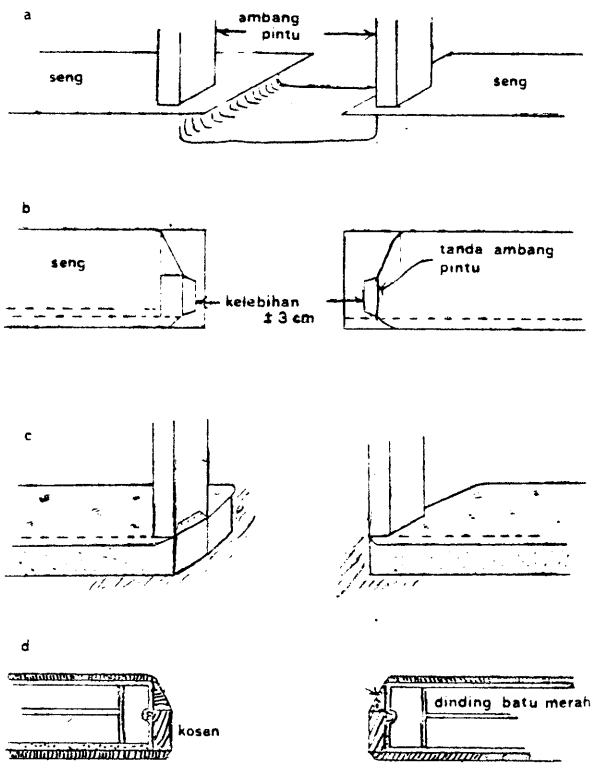
Sambungan sudut:



Gambar 3. 36.

a, b) Sebuah sudut atau T dapat dipotong dari satu lembar seng seperti terlihat pada gambar, maka sambungan-sambungan yang timbul hanya menjadi sambungan lurus. c, d, e) Karena cara tadi memboros seng maka dalam hal sambungan sudut sering digunakan cara yang diterapkan pada gambar di atas. f, g) Seperti pada sambungan lurus kita lipat seng, pukul sambungan rapat, pasang keling dan solder sambungan sebaik-baiknya. h) Dengan cara yang sama memang dapat juga dibuat suatu sambungan T seperti terlihat pada gambar di atas.

Sambungan-sambungan pada pintu:
Dengan sambungan-sambungan strip seng yang telah kita lihat, rumah dapat dihindarkan dindingnya dari gangguan rayap. Cara ini memang tidak mungkin dilakukan pada pintu rumah dan pintu kamar. Dapat diatasi seperti terlihat pada gambar berikut:



Gambar 3. 37.

a) Strip seng dipotong cukup panjang, kemudian kosen pintu didirikan. Jikalau kosen dipasang dengan pasak baja ke dalam pondasi maka seng dengan pasak harus disolder dahulu (isometri), b) strip seng dipotong menurut gambar di atas dengan kelebihan 3 cm (denah). c, d) Kelebihan 3 cm itu dilekukkan ke atas dan dipaku pada kosen pintu (isometri dan denah).

4. Kanalisasi (Drainase)

4. 1. Pengetahuan Dasar

4. 1. 1. Macam-macam saluran

a) Air hujan

Pada prinsipnya air hujan yang menjadi air agak bersih harus kita biarkan meresap ke dalam tanah di tempat hujan tersebut turun. Jikalau hal ini tidak memungkinkan lagi karena dibangun jalan mobil yang diaspal atau gedung dengan atap genting dan sebagainya, kita harus membangun sumur resapan sedekat mungkin atau mengalirkan air hujan itu ke kali yang terdekat.

Jikalau air hujan harus melalui pipa-pipa terbuka atau tertutup, bahan bangunan yang cocok adalah beton, keramik atau plastik. Pada sambungan-sambungannya menggunakan cara-cara dan perekat sesuai dengan bahan pipa bersangkutan. Seyogianya kita menghindari sejauh mungkin saluran campuran air hujan dengan air kotor (sistem ganda).

b) Air kotor manusia

Semua air kotor baik yang asalnya dari kotoran manusia (kakus) ataupun air kotor dari dapur, kamar mandi dan tempat cuci, pembuangannya harus melalui pipa-pipa tertutup baik dari beton, pasangan ataupun keramik dan pada sambungan-sambungannya dipergunakan cara-cara dan adukan-adukan semestinya sesuai dengan bahan pipa bersangkutan.
Pada dasarnya pembuangan air kotor, baik yang asalnya dari kotoran manusia ataupun air kotor dari dapur, kamar mandi dan tempat cuci, harus dibuang atau dialirkan ke saluran umum kota. Jikalau hal demikian tidak mungkin, berhubung belum tersedianya saluran umum kota ataupun sebab-sebab lain yang dapat diterima oleh yang berwenang, maka pembuangan air kotor harus dilakukan melalui proses pengolahan dan/atau peresapan seperti misalnya dengan septic tank dan sebagainya, sehingga kesehatan masyarakat setempat tidak terganggu oleh akibat-akibatnya.

c) Air kotor industri, pabrik dan sebagainya

Air kotor industri, pabrik dan sebagainya terutama yang terisi bahan-bahan yang bisa mengganggu kesehatan masyarakat setempat, racun dan sebagainya, harus melalui pipa-pipa tertutup sebaiknya dari keramik dengan lapisan tembikar dengan sambungan-sambungannya dipergunakan cara-cara dan adukan-adukan semestinya, sesuai dengan bahan pipa keramik dengan lapisan tembikar. Pada dasarnya pada pembuangan air kotor industri, pabrik dan sebagainya harus diadakan proses pengolahan sebelum dialirkan ke saluran umum kota.

4. 1. 2. Sistem-sistem saluran

Saluran-saluran air hujan dan air kotor dapat dibedakan atas sistem-sistem saluran yang digunakan seperti berikut:

a) Sistem pengurasan

Sistem pengurasan adalah sistem yang tidak membedakan antara air hujan dan air kotor karena dicampur dan disalurkan dalam satu sistem saluran kota saja. Perlu dipertimbangkan, bahwa sistem pengurasan di daerah tropika dengan curah hujan yang tinggi sekali memerlukan garis-tengah pipa atau penampang saluran yang cukup luas, sehingga masih dapat menampung semua air kotor walaupun hujan deras. Walaupun ada keuntungan bahwa air hujan membantu mencuci dan membersihkan sistem saluran kota, namun kerugian yang tinggi adalah, bahwa semua air hujan yang bersih menjadi kotor dan harus diolah lagi dengan proses pengolahan pada lingkungan besar, yang mahal sekali.

b) Sistem ganda

Pada sistem ganda kita bedakan air hujan yang bersih dan air kotor. Air hujan yang bersih bisa melalui selokan terbuka atau pipa-pipa baik dari besi maupun beton, pasangan atau keramik langsung ke sungai, danau atau laut yang terdekat.
Air kotor dari manusia atau industri, pabrik dan sebagainya melalui pipa-pipa tertutup terpisah dari pipa atau selokan air hujan. Pada sistem saluran air kotor pada suatu kota atau lingkungan akan diadakan proses pengolahan seperti akan dibicarakan pada bab 4.4. (Proses pengolahan).

c) Selokan terbuka

Selokan terbuka sebenarnya tidak lain daripada sistem ganda, hanya bagian air hujan dialirkan ke sungai, danau atau laut dengan selokan terbuka.

4. 1. 3. Peraturan-peraturan bangunan

Dalam tiap-tiap pekarangan harus diadakan saluran-saluran pembuangan air hujan. Saluran-saluran tersebut harus cukup besar (lihat tabel-tabel pada bab 4. 5.) dan miring untuk dapat mengalirkan seluruh air hujan dengan baik. Boleh dianggap miringnya pada pipa-pipa beton sesedikitnya 2% dan pada pipa-pipa keramik sesedikitnya 1%. Air hujan yang jatuh di atas atap harus segera dapat disalurkan ke saluran di atas permukaan tanah dengan pipa-pipa atau selokan dengan jarak antara sebesar-besarnya 25.00 m.
Pemasangan dan peletakan pipa-pipa dilakukan sedemikian rupa sehingga tidak akan mengurangi kekuatan dan kekokohan bangunan. Pipa-pipa saluran tidak diperkenankan dimasukkan ke dalam lubang-lubang lift (elevator). Bahan saluran harus sesuai dengan penggunaannya dan sifat bahan yang hendak disalurkan. Saluran air kotor manusia tidak boleh langsung menghadap jalan. Bagian-bagian pipa harus dicegah dari bahaya karatan.

4. 2. Bahan Saluran

4. 2. 1. Pipa beton

Bentuk dan ukuran pipa beton harus memenuhi syarat yang ditentukan setempat selama lembar-lembar normalisasi Indonesia belum ada. Pipa beton dipasarkan dalam tiga jenis, yaitu: pipa beton dengan penampang lingkaran tanpa kaki, pipa beton dengan penampang lingkaran dengan kaki dan pipa beton dengan penampang yang berbentuk bulat telur dengan kaki. Bahan yang digunakan adalah campuran semen portland dan pasir dengan perbandingan 1 (bagian) : 3 s/d 5 tergantung kualitas pabriknya. Bekisting/cetakan biasanya dibuat dari pelat besi atau kayu yang pada bagian dalam dilapisi seng agar campuran tidak melekat pada kayu. Kemudian campuran dipres/ditekan biasanya dengan menumbuk campuran tersebut. Setelah campuran dianggap kuat maka alat cetak dibuka dan dilepas, sehingga tinggal campuran yang sudah terbentuk. Pembuatan/pencetakan ini biasanya dilakukan di tempat yang luas yang kena angin tetapi tidak terlalu panas. Pengeringan pipa beton tidak dapat dilakukan di tempat lain karena tidak dapat dipindah tempatnya sebelum kering.
Sebagai pemeriksaan kualitas pada bidang patah, pipa beton harus memperlihatkan beton yang merata tanpa adanya butir-butir kerikil atau batu pecah yang lebih besar dari seperlima tebal dinding pipa. Pipa harus bebas dari retak-retak dan dalam keadaan kering harus nyaring bunyinya bila dipukul ringan dengan benda yang keras.
Pipa beton harus lurus, bidang-bidang ujungnya harus tegaklurus pada sumbunya, tepi ujungnya harus siku-siku, bebas dari tonjolan-tonjolan dan cacat-cacat lain. Pipa tidak boleh terdiri dari dua atau lebih bagian. Bidang dalam dan luar pipa beton harus dipulas dengan adukan semen portland.

Kekuatan pipa beton dapat diuji sebagai berikut: Pada bagian-bagian atas pipa dikerjakan muatan penguji yang membebani pipa secara merata dan simetris melalui seluruh panjang pipa dan melalui lebar sebesar max. 10 cm. Muatan ini kemudian diperbesar setiap menit dengan maksimum 500 kg, sampai tercapai jumlah muatan akhir yang berlaku untuk pipa tersebut seperti yang ditentukan dalam tabel berikut:

Pipa beton dengan penampang lingkaran (dengan atau tanpa kaki)		Pipa beton dengan penampang berbentuk telur (dengan kaki)	
diameter (cm)	muatan penguji (kg)	penampang (cm/cm)	muatan penguji (kg)
15	1.400	30/45	2.500
20	1.600	40/60	3.000
25	1.800	50/75	3.500
30	2.000	60/90	3.800
40	2.300	70/105	4.100
50	2.600	80/120	4.400
60	2.800	90/135	4.700
70	3.000	100/150	5.000
100	3.000	—	—

Pipa beton juga harus terbuat dari beton yang cukup kedap air, yang harus memenuhi syarat-syarat berikut: pada suatu bagian dari pipa yang telah digosok sedalam 2 mm direkatkan sebuah tabung gelas bergaris-tengah minimum 3 cm yang tidak beralas. Setelah tabung diisi dengan air setinggi 10 cm, permukaan air tidak boleh turun lebih dari 1 cm dalam jangka waktu 3 jam.

4. 2. 2. Pipa keramik (tanah)

Pipa keramik dan bagian-bagian pelengkapnya harus terbuat dari tanah liat atau tanah geluh yang homogin, yang dipersiapkan dengan baik serta dibakar sampai matang dan warna menjadi merah. Cara pencetakan tidak berbeda daripada pipa beton.
Bentuk dan ukuran pipa keramik harus memenuhi syarat yang ditentukan setempat selama lembar-lembar normalisasi Indonesia belum ada, dengan catatan, bahwa untuk semua jenis pipa, panjang berguna pipa, yaitu panjang pipa tidak termasuk soketnya, senantiasa harus 80 cm.
Pipa keramik ini biasanya digunakan untuk saluran air kotor manusia. Pipa ini dibuat untuk memenuhi kebutuhan masyarakat yang kurang mampu di pedesaan dan proyek rumah murah. Maka harganya paling murah dari semua macam pipa saluran.

4. 2. 3. Pipa keramik dengan lapisan tembikar

Sebenarnya, semua pipa keramik harus berlapiskan tembikar di bagian dalamnya. Pipa keramik tanpa lapisan tembikar tidak dapat memenuhi syarat kedap air karena terlalu berpori (poreus) dan bisa membahayakan kesehatan masyarakat setempat, jikalau digunakan sebagai saluran air kotor manusia (kakus).
Pipa keramik dengan lapisan tembikar dibuat sama dengan pipa keramik, hanya dilapisi tembikar di bagian dalamnya. Apabila dipukul ringan dengan benda keras, pipa keramik ini harus nyaring bunyinya. Pipa keramik dan bagian-bagian pelengkapnya harus cukup kuat, sehingga dapat dikerjakan dengan pahat dan palu. Bidang patahnya harus padat tanpa rengat-rengat. Pipa keramik tidak boleh memperlihatkan lubang-lubang, retak-retak atau tonjolan-tonjolan yang merugikan. Bagian dalam harus dilapisi tembikar dengan merata tanpa rengat-rengat atau serpih-serpih. Bagian dalam soket tidak perlu dilapisi dengan tembikar.
Kekuatan pipa-pipa keramik dengan lapisan tembikar dapat diuji sebagai berikut: Pada bagian atas pipa dikerjakan muatan penguji yang membebani pipa secara merata dan simetris melalui seluruh panjang pipa dan melalui lebar sebesar maksimum 5 cm (2,5 cm untuk pipa dengan garis-tengah kurang dari 25 cm). Muatan ini kemudian diperbesar setiap menit dengan maksimum 500 kg, sampai tercapai jumlah muatan akhir yang berlaku untuk pipa keramik tersebut seperti yang ditentukan dalam tabel berikut:

Garis tengah dalam (cm)	Muatan penguji (kg/m)
10	1.200
12,5	1.300
15	1.400
20	1.600
25	1.800
30	2.000

4. 2. 4. Pipa-pipa yang lain

Sebagai perlengkapan pengetahuan tentang bahan saluran masih harus dikatakan, bahwa masih ada beberapa kemungkinan yang lain, seperti:
- Pipa dari besi cor
- Pipa dari baja
- Pipa plastik dari PE (polyetylen), PP (polypropylen) atau PVC (polyvinilchlorid)
- Pipa dari asbes-semen (Eternit)
- Pipa dari timah.

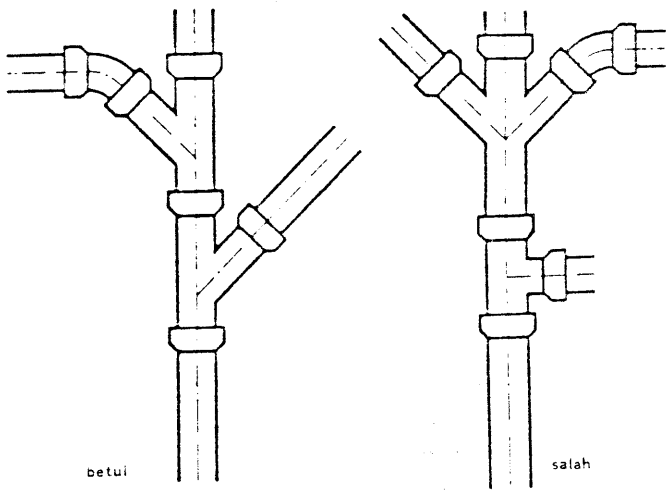
Semua kemungkinan ini hanya dapat diterapkan pada bangunan dan bukan dalam tanah atau sebagai saluran umum kota. Pada rumah-rumah bertingkat pemilihan bahan saluran agak penting, dan sebaiknya dipilih pipa plastik atau pipa asbes-

semen. Bahan saluran yang diutarakan pada pipa cor, baja atau timah sering diadakan pada bangunan lama, maka sebaiknya pada bangunan baru jangan digunakan.

4. 3. Konstruksi Saluran

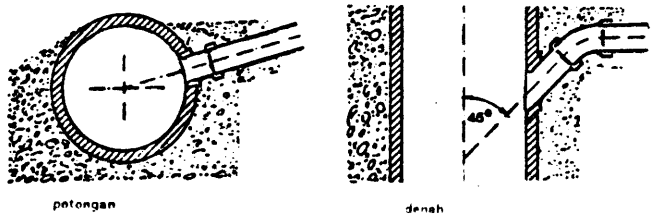
4. 3. 1. Pemasangan pipa saluran

Semua saluran yang terdiri dari pipa-pipa keramik atau beton tertutup harus dipasang selangsung dan sependek mungkin. Pada perubahan arah dipasang lengkungan (bocht) yang cocok seperti juga bila terjadi perubahan garis-tengah pipa saluran. Suatu reduksi garis-tengah pipa saluran dalam arah saluran umum kota terlarang. Sambungan-sambungan dengan pipa saluran dari samping sebaiknya digunakan sudut 45° dengan arah pipa saluran utama.



Gambar 4. 1.

Pada sambungan dengan pipa saluran umum kota kita pakai sudut 45° dengan arah pipa saluran umum kota dan pasangan pipa saluran yang disambung di pertengahan seperti terlihat pada gambar berikut:



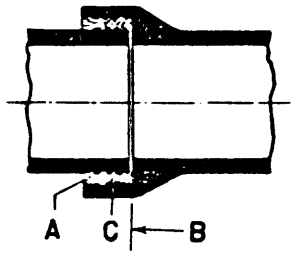
Gambar 4. 2.

4. 3. 2. Sambungan-sambungan pipa saluran

Pada umumnya sambungan-sambungan pipa saluran penting sekali. Suatu sambungan harus tahan air dan sesuai dengan bahan pipa saluran, maka kita bedakan atas:

a) Sambungan-sambungan pipa keramik

Di dalam sambungan (celah antara pipa dan soket pipa berikut) pipa keramik kita masukkan pertama tali dari bahan goni (karung) diresapi dengan ter dan ditumbuk baik-baik dalam celah itu. Kemudian sambungan yang sederhana dan murah itu kita isi sisa celahnya dengan adukan semen portland — pasir halus dalam perbandingan 1 : 3 (bagian). Pada sambungan yang harus tahan lama dan sedikit elastis misalnya pada lapangan yang lereng dan sebagainya sebaiknya sisa celah diisi dengan dempul aspal seperti terlihat pada gambar berikut:



A dempul aspal
B panjangnya pipa keramik
C tali goni (karung)

Gambar 4. 3.

b) Sambungan-sambungan pipa beton

Pada sambungan-sambungan pipa beton yang biasanya bersponing kita gunakan adukan semen portland — pasir halus dalam perbandingan 1 : 3 (bagian).

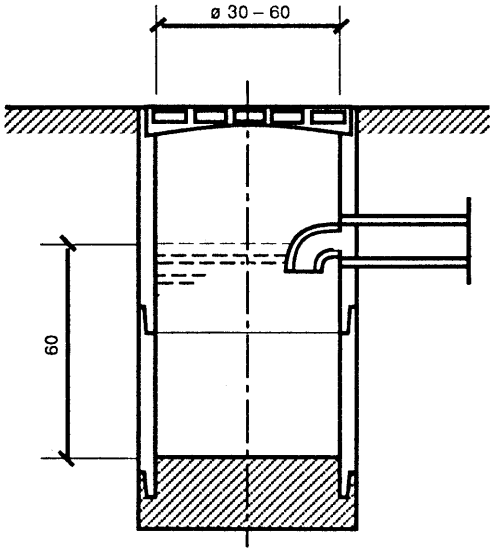
c) Sambungan-sambungan pada pipa yang lain

Pada sambungan-sambungan pipa yang lain seperti pipa plastik atau pipa asbes-semen diperhatikan petunjuk-petunjuk penggunaan dari pabrik yang membuat pipa saluran yang digunakan.

4. 3. 3. Sumur penampung dan sumur kontrol

a) Sumur penampung

Sumur penampung biasanya dipasang di luar rumah pada halaman atau tempat parkir mobil. Pembuatannya dari pipa-pipa beton bergaris-tengah minimal 30 cm. Di bagian bawah diadakan penampung endapan sesedikitnya 60 cm dalamnya. Penutupnya terdiri dari terali. Sehingga tidak berbau, dari pipa saluran dipasangkan dengan sudut 90° ke bawah (duiken boog) dari bahan saluran besi cor, plastik atau keramik dengan lapisan tembikar di dalam dan di luarnya seperti terlihat pada gambar berikut:



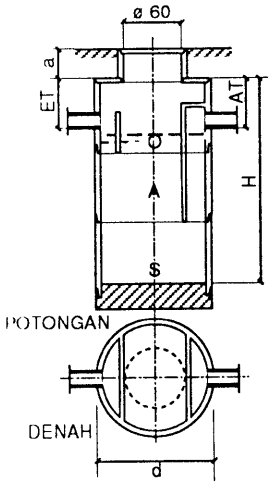
Gambar 4. 4

Ukuran-ukuran sumur penampung dapat ditentukan menurut tabel berikut (miringnya halaman terhadap sumur penampung tergantung pada lapisan permukaan halaman, jika beraspal sebaiknya dipilih 1,5% s/d 2%):

luasnya halaman	garis-tengah sumur penampung
sampai 50 m²	ø 30 s/d 40 cm
50 s/d 200 m²	ø 45 s/d 50 cm
200 s/d 400 m²	ø 60 cm
lebih dari 400 m²	ø 70 s/d 80 cm dengan reduksi dan penutup (terali) ø 60 cm

b) Sumur penampung dengan penapis minyak dan bensin

Sebaiknya pada sumur penampung di dalam halaman parkir dan cuci mobil, bengkel mobil dan sebagainya dipasang penapis minyak dan bensin. Pembangunannya tidak terlalu sulit, dapat dilakukan dengan pipa beton besar yang dibagi dengan dinding beton seperti terlihat pada gambar berikut:



ET	kedalaman pemasukan saluran (minimal 30 cm)
AT	kedalaman pengeluaran saluran (ET + 5 cm)
H	tinggi seluruhnya
O	penapis minyak
A	bagian pemisahan
S	bagian endapan
a	bagian atas, biasanya ø 60 cm dengan tingginya 30 cm
d	garis-tengah bagian dalam

Gambar 4. 5.

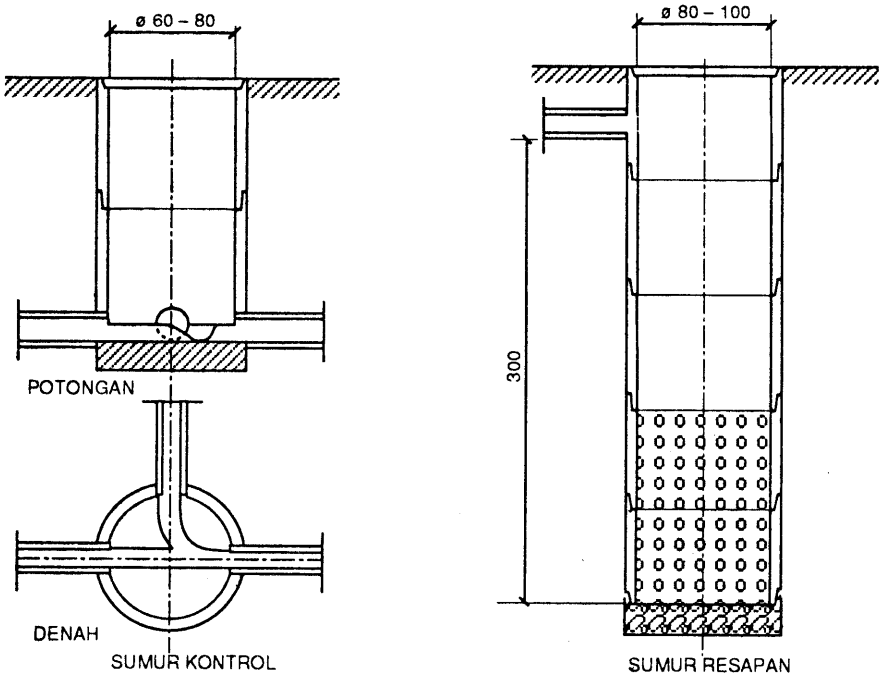
Ukuran-ukuran sumur penampung dengan penapis minyak dan bensin dapat ditentukan menurut tabel berikut:

Banyak mobil	luasnya halaman (m²)	garis-tengah d (cm)	tinggi H (cm)	penapis minyak 0	bagian pemisahan A	bagian endapan S
1	23	60	130	67 l	56 l	96 l
2	40	60	165	67 l	96 l	120 l
3	70	80	160	120 l	168 l	165 l
4	110	100	160	186 l	264 l	257 l
7	110	100	185	186 l	264 l	453 l
10	145	150	137	425 l	343 l	616 l
12	170	125	185	295 l	408 l	710 l
18	245	150	187	425 l	588 l	1.056 l
24	330	175	187	576 l	816 l	1.440 l
34	330	175	212	576 l	816 l	2.040 l
44	330	175	237	576 l	816 l	2.640 l

Sumur penampung dengan penapis minyak dan bensin perlu dibersihkan teratur dalam jangka waktu tertentu. Sumur penampung ini mempermudah proses pengolahan air saluran umum dari kota. Terutama pada bengkel-bengkel mobil dan sepeda motor pemasangan penampung dengan penapis minyak dan bensin menjadi suatu keharusan.

c) Sumur kontrol

Sumur kontrol dipasang pada pipa saluran air hujan atau air kotor sebanyak mungkin, sehingga dengan mudah pipa saluran dapat dibersihkan bila perlu. Pada rumah tinggal biasa harus diadakan paling sedikit dua sumur kontrol sebelah muka dan sebelah belakang. Jarak maksimal antara dua sumur kontrol 15.00 m dan harus dihubungkan dengan pipa saluran yang lurus. Sebaiknya sumur kontrol dipasang pada suatu simpangan pipa saluran. Ukuran garis-tengah sumur kontrol sampai dengan kedalaman 1.00 m adalah Ø 60 cm, jikalau dalamnya lebih dipilih garis-tengah Ø 80 cm. Lantai dibuat dari beton dengan pipa saluran yang dibelah dua seperti terlihat pada gambar berikut:



d) Sumur resapan

Sumur resapan dipasang pada sistem saluran air hujan sedekat mungkin pada titik pengumpulan air hujan tersebut sehingga pipa air hujan menjadi pendek dan air hujan dapat meresap ke dalam tanah sedekat mungkin pada tempat air hujan turun. Ukuran sumur resapan tergantung dari kapilaritas tanah (nilai kemungkinan menerima air) dan banyaknya air yang ingin kita resapkan ke dalam tanah. Biasanya kita pilih untuk sebuah rumah kediaman biasa garis-tengah sumur resapan 80 s/d 100 cm dengan kedalaman 3.00 m di bawah pemasukan pipa air hujan.

4. 4. Proses Pengolahan

4. 4. 1. Proses pengolahan sederhana

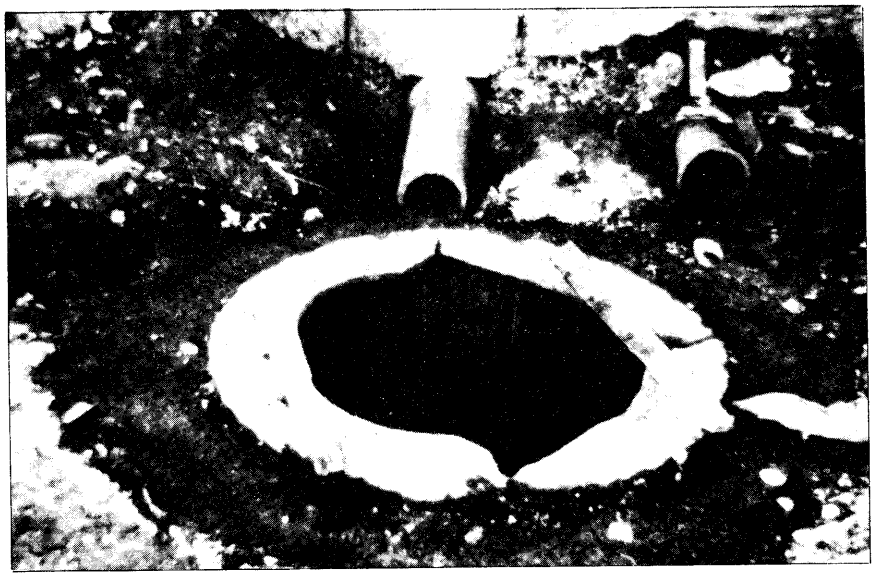
a) Septic tank (sumur kotoran)

Sistem septic tank sebenarnya sumur rembesan/sumur kotoran. Ukurannya biasanya cocok untuk satu rumah tinggal dan cukup besar sehingga hanya perlu peninjaan sekali setahun atau dua tahun.

Sistem ini bisa membahayakan kesehatan masyarakat setempat, jikalau suatu rumah menggunakan sistem ini dan juga menggunakan sumur untuk air minum. Sebaiknya sistem ini hanya diizinkan pada tempat-tempat, yang telah dihubungkan dengan pipa-pipa air minum (perusahaan air minum) dan sebagainya.

Karena bagian bawah septic tank terbuka, maka sebaiknya digunakan sistem ganda pada saluran. Saluran air kotor hanya sampai septic tank ini dan kemudian merembes ke dalam tanah.

Konstruksi septic tank sangat sederhana, dapat dipelajari pada foto-foto berikut. Perlu diperhatikan jarak minimal terhadap sumur air bersih sesedikitnya 10.00 m.



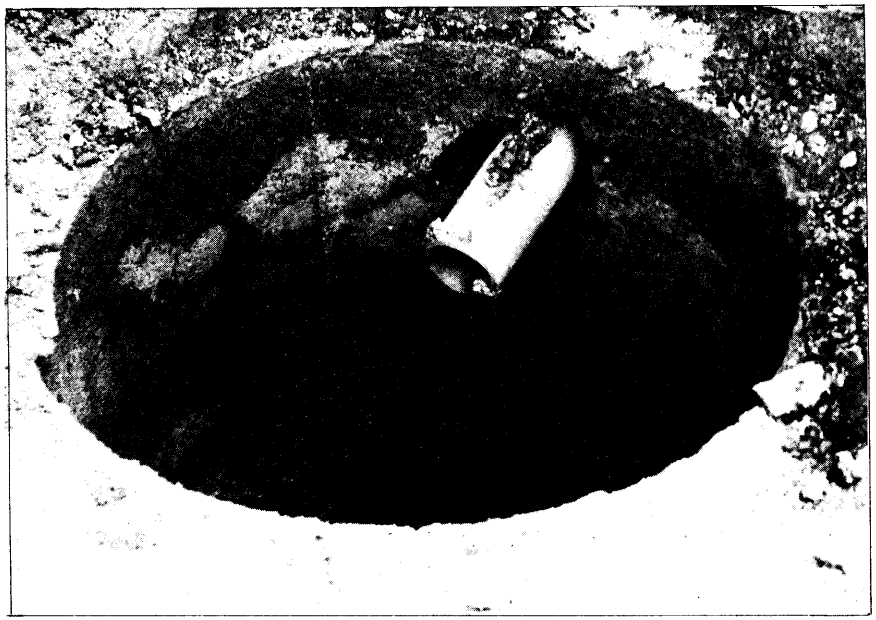
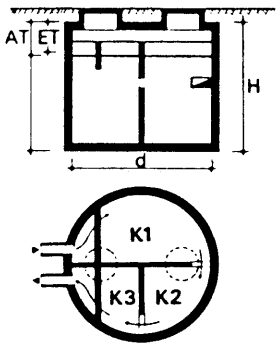


Foto-foto septic tank 4. 7.

b) Sumur pengolahan

Jikalau kita memperlihatkan cara dengan septic tank tersebut di atas memang harus dikatakan, bahwa cara itu belum menjadi suatu proses pengolahan. Suatu sumur pengolahan dapat dibangun dengan pipa beton besar yang dibagi dengan dinding beton seperti terlihat pada gambar berikut. Kotoran di dalam air jatuh ke bawah dalam kamar-kamar septic tank yang tertutup dan tahan air. Karena pipa saluran air kotor yang masuk sumur pengolahan terpisah dengan pipa saluran air yang keluar, air itu secara mekanis cukup bersih sehingga dapat disalurkan pada saluran air hujan.



ET	kedalaman pemasukan saluran (minimal 30 cm)
AT	kedalaman pengeluaran saluran (ET + 5 cm)
H	tinggi seluruhnya
K 1	kamar, bagian pemisahan 1
K 2,	3 bagian pemisahan 2 atau 3
d	garis-tengah bagian dalam
	bagian atas terdiri biasanya dari dua pipa beton Ø 60 cm setinggi 30 cm dengan tutup beton yang rapat udara

Gambar 4. 8.

Perhitungan ukuran-ukuran minimal pada sumur pengolahan dapat dilakukan atas dasar tabel berikut:

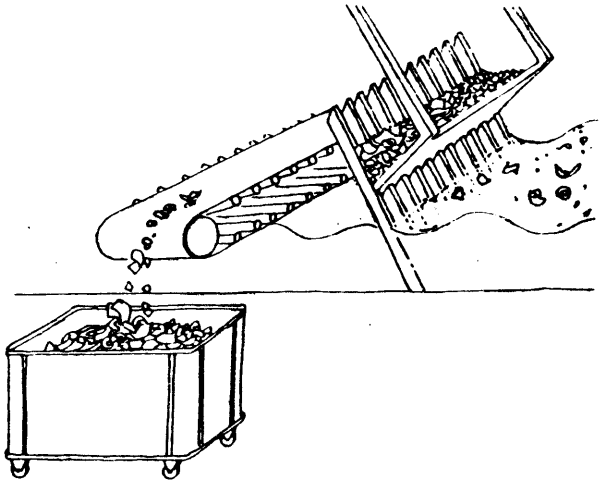
Banyaknya penghuni	garis-tengah d (cm)	tinggi H (cm)	isi kamar 1 (m^3)	isi kamar 2 (m^3)	isi kamar 3 (m_3)	isi seluruh (m^3)
6	250	180	3.00	1.50	1.50	6.00
8	250	230	4.00	2.00	2.00	8.00
10	300	210	5.00	2.50	2.50	10.00
12	300	235	6.00	3.00	3.00	12.00
14	300	260	7.00	3.50	3.50	14.00
16	300	285	8.00	4.00	4.00	16.00
18	300	310	9.00	4.50	4.50	18.00

4. 4. 2. Proses pengolahan pada saluran umum kota

Tentu saja proses pengolahan dapat dilakukan lebih tepat dan efisien dengan membangun sebuah perusahaan pengolahan untuk semua saluran umum pada suatu kota atau daerah terbatas. Dalam bab ini diuraikan suatu proses pengolahan modern dengan tiga tingkat pengolahan, yaitu pengolahan mekanis, pengolahan biologis dan pengolahan dari fosfat.

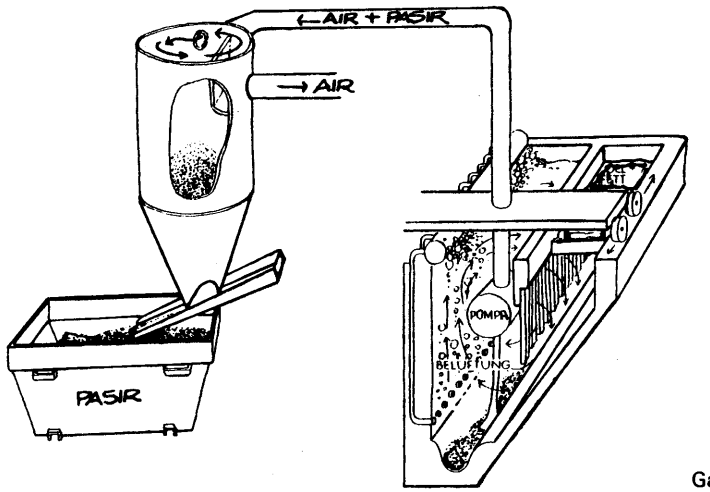
a) Proses pengolahan pertama, secara mekanis

Proses pengolahan pertama terdiri dari dua ruang penggaruk. Penggaruk itu mengambil kotoran/sampah dari air dan menaruhnya di atas ban berjalan pembawa sampah ke tempat sampah.



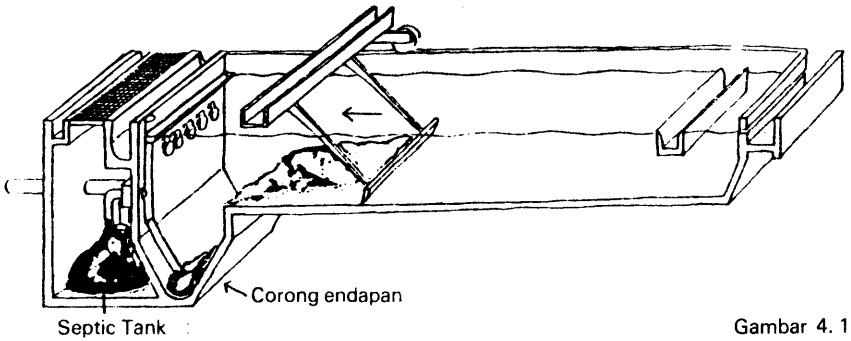
Gambar 4. 9.

Kemudian air kotor disalurkan ke dalam penampung pasir. Dengan bantuan tekanan udara air kotor selalu berputar dan pasir akan mengendap ke bawah, sedang minyak, gemuk atau bensin naik ke atas. Pasir akan dipompa ke atas dan dibawa ke tempat sampah. Minyak, gemuk atau bensin dibakar.



Gambar 4. 10.

Air kotor sekarang dialirkan ke dalam suatu kolam panjang. Luas kolam dibuat demikian rupa, sehingga air kotor dari saluran umum kota memerlukan dua jam untuk melewati kolam ini jikalau tidak turun hujan. Pada waktu dua jam ini endapan jatuh ke dasar kolam. Di situ akan digeser secara mekanis ke corong endapan dan kemudian disimpan pada suatu septic tank yang besar.



Gambar 4. 11.

b) Proses pengolahan kedua, secara biologis

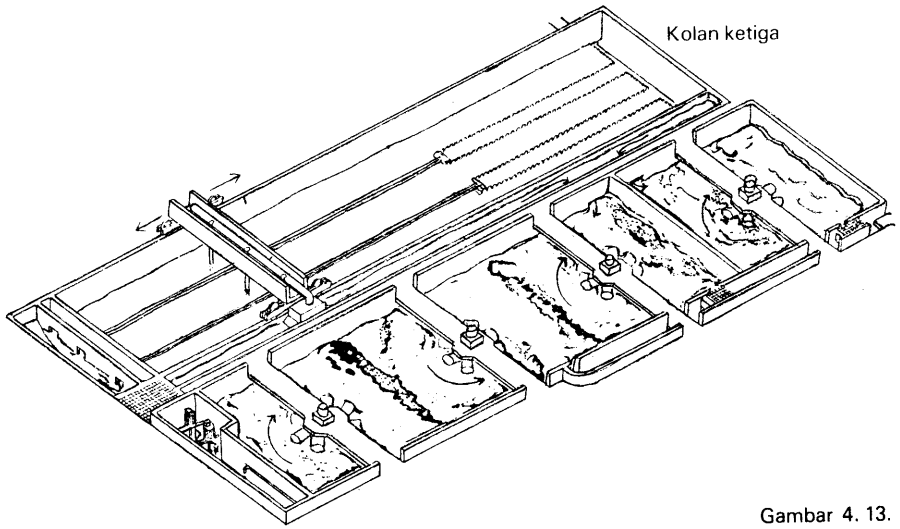
Pada proses pengolahan secara mekanis sampah, pasir, minyak, gemuk, bensin dan endapan sudah disingkirkan. Bahan-bahan ini baru sekitar sepertiga dari semua kotoran dalam air kotor saluran umum kota. Sisa-sisa yang masih ada tercampur dengan air, sehingga tidak dapat dibersihkan secara mekanis. Atas dasar ini kita perhatikan proses pengolahan di dalam alam dan kemudian kita tiru.
Mikroorganisme yang sebenarnya sudah ada di dalam air dibiakkan di kolam kedua ini. Kotoran yang masih tercampur dengan air saluran umum kota ini menjadi makanan mikroorganisme.

Gambar 4. 12.

Karena mikroorganisme ini hidup berkelompok, dengan mudah dapat kita pisahkan dari air yang sudah dibersihkan. Dengan cara ini hasil pengolahan menjadi 90%. Supaya mikroorganisme dapat hidup dan berkembang maka perbandingan oksigen — air selalu sekitar 1 : 5.
Kemudian air saluran dialirkan ke kolam ketiga yang terbagi tiga. Pada kolam ini semua macam endapan termasuk mikroorganisme akan turun ke bawah. Dari situ diisap dan disalurkan kembali ke kolam kedua.

Oleh banyaknya mikroorganisme, karena makanan selalu berlebihan, maka sebagian demi sebagian dapat juga disalurkan ke septic tank dengan endapan dari proses pengolahan pertama.

Oleh banyaknya mikroorganisme, karena makanan selalu berlebihan, maka sebagian demi sebagian dapat juga disalurkan ke septic tank dengan endapan dari proses pengolahan pertama.



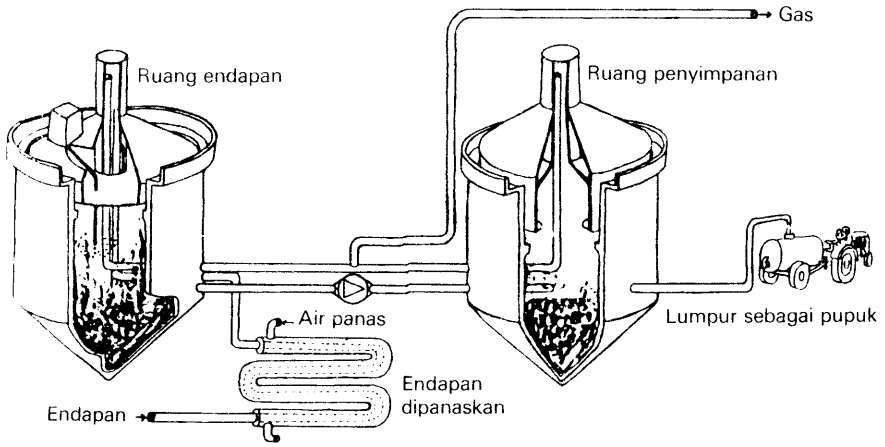
Gambar 4. 13.

c) Proses pengolahan ketiga, pemecahan fosfat

Biasanya pada perusahaan pengolahan air saluran umum di suatu kota dengan lebih dari 1.000 penduduk ditambahkan bagian proses pengolahan ketiga.
Pada pemecahan fosfat kita ceraikan air dan fosfat. Karena fosfat di dalam air menguntungkan perkembangan ganggang yang bisa membahayakan kehidupan dalam danau dan sungai. Dengan bantuan chlorid-besi atau aluminiumsulfat, fosfat akan dihubungkan dan turun ke dasar kolam ketiga.
Air yang keluar dari proses pengolahan ketiga menjadi amat bersih, maka dapat diminum. Karena itu air tanpa kesulitan dapat dialirkan ke sungai, danau atau laut.

d) Perawatan endapan

Walaupun chlorid-besi atau aluminiumsulfat yang diperlukan mahal, akan tetapi dari fosfat yang akan bercampur dengan endapan dari septic tank kita dapatkan lumpur yang berharga sekali sebagai pupuk. Kita mendapat sekitar 2,5 liter lumpur per orang per hari.



Gambar 4. 14.

Di dalam septic tank juga kita dapatkan Methangas sebanyak 0,05 m^3 per orang per hari, dan dapat dipakai untuk menjalankan mesin gas untuk misalnya listrik dan sebagainya. Listrik yang dibangkitkan begitu teoretis cukup untuk seluruh perusahaan pengolahan saluran umum kota.

4. 5. Tabel-tabel

4. 5. 1. Tabel-tabel penentuan ukuran pipa saluran

a) Penentuan ukuran minimal pada pipa lembahan (air hujan) yang vertikal

Luas atap (m^2)	garis-tengah dalam pipa vertikal	nilai kesatuan
sampai 100	75 mm	50
100 s/d 200	100 mm	100
200 s/d 315	125 mm	250
315 s/d 450	150 mm	500
450 s/d 800	200 mm	1.250

b) Penentuan ukuran minimal pada pipa air kotor yang vertikal

Alat saniter yang disambung	garis-tengah dalam pipa vertikal	nilai kesatuan
Kakus 1 s/d 6 buah	100 mm	8 per buah
Kakus lebih dari 6	125 mm	
Wastafel 1 s/d 7 buah	50 mm	2 per buah
Wastafel lebih dari 7	60 mm	
Tempat cuci piring		
1 s/d 5 buah	60 mm	6 per buah
lebih dari 5	70 mm	
Kulah mandi/pancuran		
1 s/d 3 buah	50 mm	
4 s/d 7 buah	60 mm	6 per buah
lebih dari 7	70 mm	

c) Penentuan ukuran minimal pada pipa saluran air hujan tertutup yang horisontal

Garis-tengah pipa horisontal	luas atap pada kemiringan pipa horisontal 1 %	2 %	4 %
100 mm (minimal)	170 m²	250 m²	350 m²
125 mm	300 m²	430 m²	610 m²
150 mm	480 m²	690 m²	990 m²
200 mm	1.020 m²	1.480 m²	2.060 m²
250 mm	1.810 m²	2.550 m²	3.710 m²
300 mm	3.020 m²	4.220 m²	6.080 m²
375 mm	5.380 m²	7.520 m²	10.650 m²

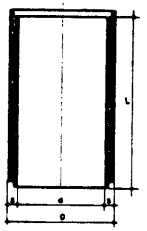
d) Penentuan ukuran minimal pada pipa saluran air kotor tertutup yang horisontal

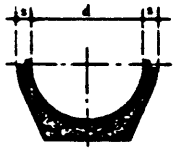
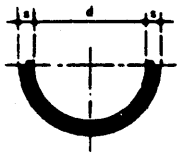
Garis tengah pipa horisontal	banyaknya kesatuan pada kemiringan pipa horisontal 1 %	2 %	4 %
100 mm (minimal)	114	150	210
125 mm ∩	270	370	540
150 mm ∩	510	720	1.050
200 mm ∩	1.290	1.860	2.640
250 mm ∩	2.520	3.600	5.250
300 mm ∩	4.390	6.300	9.300
375 mm ∩	8.300	11.600	16.800

Catatan: Jikalau kita melakukan sistem saluran pengurasan kita boleh menghitung jumlah kesatuan oleh air hujan dari tabel a) ditambah dengan sepertiga dari jumlah kesatuan menurut tabel b) kemudian dapat ditentukan ukuran garis-tengah pada pipa saluran tertutup yang horisontal menurut tabel d).

4. 5. 2. Tabel-tabel macam dan ukuran pipa saluran yang ada di perdagangan

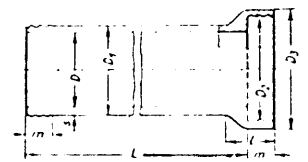
a) Pipa beton

Bentuk pipa	garis-tengah dalam d (cm)	tebal dinding s (cm)	garis-tengah luar D (cm)	panjang L (cm)
	10	3	16	100
	15	3,5	22	100
	20	3,5	27	100
	30	3,5	37	100
	40	5	50	100
	50	5	60	100
	60	6,5	73	100
	70	7	84	100
	80	7,5	95	100
	100	12	124	100

Bentuk pipa	garis tengah dalam d (cm	tebal dinding s (cm)	panjang L (cm)
	10	3	100
	15	3,5	100
	20	3,5	100
	30	3,5	100

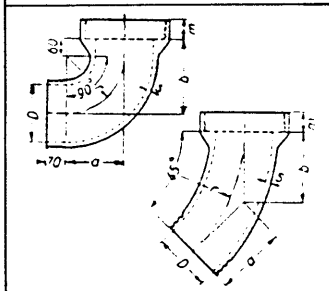
b) Pipa keramik dan pipa dengan lapisan tembikar di dalam

Bentuk pipa



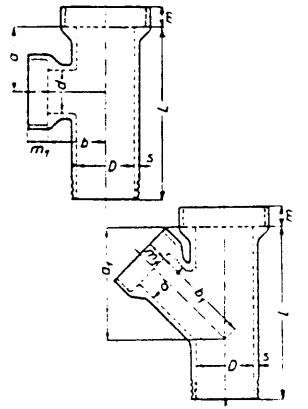
ukuran-ukuran (dalam cm)						
D	D_1	D_2	D_3	s	L	m
10	13	15	18	1,5	80	5

Bentuk pipa



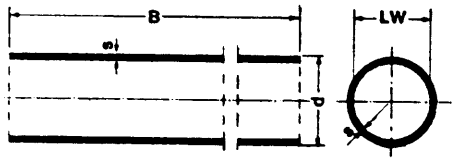
ukuran-ukuran (dalam cm)				
D	a	b	s	m
10	15	15	1,5	5
10	15	15	1,5	5

Bentuk pipa

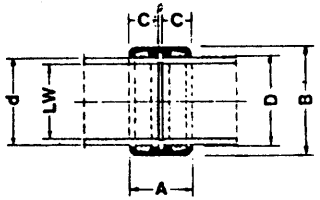


ukuran-ukuran (dalam cm)						
D	d	a	b	s	L	m
10	10	25	12	1,5	80	5
10	10	30	30	1,5	80	5

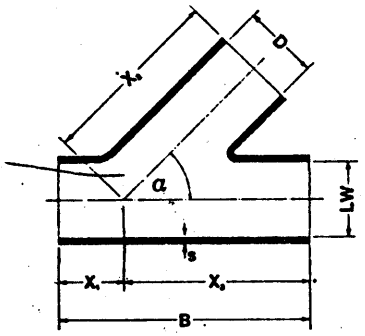
c) Pipa dari asbes-semen (Eternit)



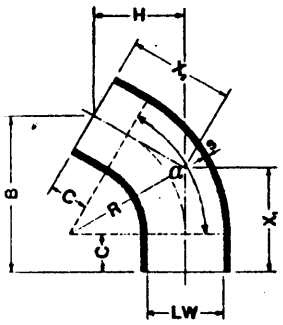
LW mm	d mm	B mm	s mm
60	77	1000	8,5
60	77	1500	8,5
60	77	2000	8,5
60	77	2500	8,5
60	77	3000	8,5
60	77	4000	8,5
80	97	1000	8,5
80	97	1500	8,5
80	97	2000	8,5
80	97	2500	8,5
80	97	3000	8,5
80	97	4000	8,5
100	117	1000	8,5
100	117	1500	8,5
100	117	2000	8,5
100	117	2500	8,5
100	117	3000	8,5
100	117	4000	8,5
125	142	1000	8,5
125	142	1500	8,5
125	142	2000	8,5
125	142	2500	8,5
125	142	3000	8,5
125	142	4000	8,5
150	167	1000	8,5
150	167	1500	8,5
150	167	2000	8,5
150	167	2500	8,5
150	167	3000	8,5
150	167	4000	8,5



LW mm	d mm	D mm	A mm	B mm	C mm
60	77	80	82	105	39
80	97	100	82	125	39
100	117	120	82	145	39
125	142	145	82	172	39
150	167	170	82	198	39



LW mm	D mm	B mm	X_1 mm	$X_2 + X_3$ mm	α	s mm
60	60	330	80	250	30°	8,5
60	60	260	80	180	45°	8,5
60	60	230	90	140	60°	8,5
60	60	195	85	110	75°	8,5
60	60	235	105	130	87°	8,5
80	80	390	90	300	30°	8,5
80	80	310	80	230	45°	8,5
80	80	275	90	185	60°	8,5
80	80	260	105	155	75°	8,5
80	80	240	115	125	87°	8,5
100	100	420	80	340	30°	8,5
100	100	330	85	245	45°	8,5
100	100	270	90	180	60°	8,5
100	100	245	100	145	75°	8,5
100	100	275	130	145	87°	8,5
125	125	465	65	400	30°	8,5
125	125	350	75	275	45°	8,5
125	125	295	85	210	60°	8,5
125	125	320	125	195	75°	8,5
125	125	290	135	155	87°	8,5
150	150	600	95	505	30°	8,5
150	150	500	140	360	45°	8,5
150	150	420	145	275	60°	8,5
150	150	400	150	250	75°	8,5
150	150	380	180	200	87°	8,5



LW mm	α mm	$x_1 = x_2$ mm	B mm	H mm	C mm	R mm	s mm
60	15°	67	132	17	50	130	8,5
60	30°	85	158	43	50	130	8,5
60	45°	104	177	74	50	130	8,5
60	60°	125	187	110	50	130	8,5
60	75°	150	189	147	50	130	8,5
60	87°	173	183	173	50	130	8,5
80	15°	66	136	18	50	140	8,5
80	30°	88	164	44	50	140	8,5
80	45°	108	186	76	50	140	8,5
80	60°	131	198	114	50	140	8,5
80	75°	157	200	153	50	140	8,5
80	87°	183	192	182	50	140	8,5
100	15°	70	138	19	50	150	8,5
100	30°	90	169	46	50	150	8,5
100	45°	112	192	81	50	150	8,5
100	60°	137	205	119	50	150	8,5
100	75°	165	209	161	50	150	8,5
100	87°	192	202	192	50	150	8,5
125	15°	71	140	18	50	162,5	8,5
125	30°	94	175	47	50	162,5	8,5
125	45°	118	201	84	50	162,5	8,5
125	60°	144	216	125	50	162,5	8,5
125	75°	175	221	170	50	162,5	8,5
125	87°	204	214	204	50	162,5	8,5
150	15°	73	143	18	50	175	8,5
150	30°	97	180	48	50	175	8,5
150	45°	122	208	85	50	175	8,5
150	60°	151	226	130	50	175	8,5
150	75°	184	231	178	50	175	8,5
150	87°	216	227	215	50	175	8,5

d) Pipa sintetik

Sebagai dasar bahan bangunan buat pipa dan bagian bangunan dapat diperhatikan tabel dengan macam-macam termoplast berikut:

Nama	Kependekan	Penggunaan	Ketahanan gaya tarik (kg/cm²)	Ketahanan suhu (°C)	Ketetapan bentuk terhadap panas (°C)	Angka antar kepanasan (kcal/m² h °C)	kalor-jenis (cal/gr °C)
Polyetylen	PE	Pipa air minum, air kotor dsb.	100—1000	80	60—70	0,44—0,28	0,5
Polypropylen	PP	Pipa saluran air kotor	700	100	85—90	0,19	0,4
Polyvinilchlorid	PVC elastis	Pipa air minum, air kotor dsb. profil jendela	20— 50	60	80—85	0,14	0,23
Polyvinilchlorid	PVC keras	Lapisan lantai, foil, slang	300	50	—	0,13	0,3
Polyamid	PA	urat memperkuat foil, bekas dsb.	70— 300	90	205—250	0,26	0,4—0,5
Polyuritane	PU		40	90	100—180	0,25	0,45
Polycarbonat	PC	Peralatan listrik	80	130	160	0,19	0,28
Polyasetat	POM	Bantalan luncur	30	100	154	0,19	0,33
Polystyrol	PS	Bahan busa, peralatan rumah tangga	3— 5	65	80—100	0,14	0,32
Akrylbutadin-styrol	ABS	Bekas transport, topi pelindung	7	80	100	0,15	—
Polymetyl-metasrylat	PMMA	Pelat plastik bergelombang, pipa dsb.	4	90	120	0,16	0,35
Celluloseasetat	CA	Alat perlengkapan pintu dan jendela, pipa untuk kimia	6	50	55—70	0,20	0,3—0,4
Cellulose-asetubutyrat	CAB	Bekas, alat perlengkapan pintu dan jendela	6	60	75—100	0,18	0,3—0,4

4. 6. Pembuangan Sampah

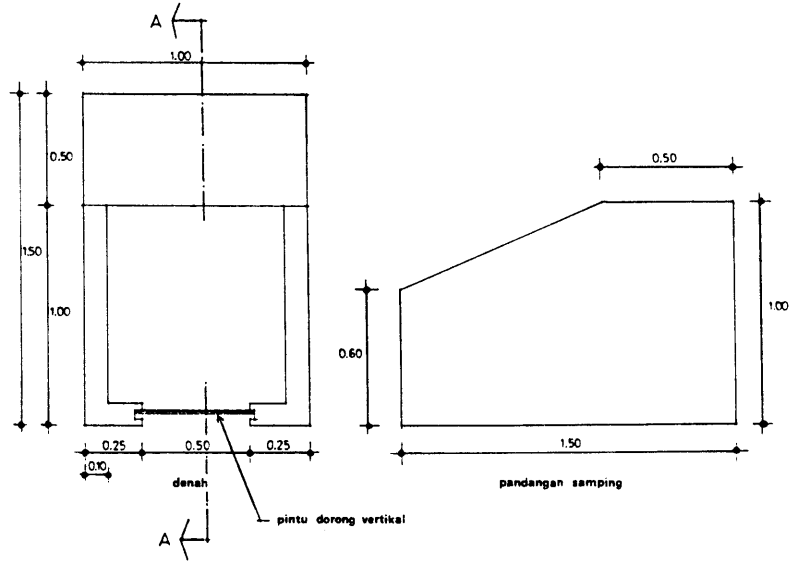
Walaupun pembuangan sampah sebenarnya tidak termasuk dalam konstruksi bangunan, kita tidak boleh lupa, bahwa tiap-tiap rumah atau bangunan harus dilengkapi dengan sebuah kotak pembuangan sampah, yang ditempatkan dan dibuat demikian rupa sehingga dapat menjamin kesehatan penghuni dan masyarakat setempat. Perlu diperhatikan jarak minimal terhadap sumur air minum, sehingga jangan terlalu dekat.

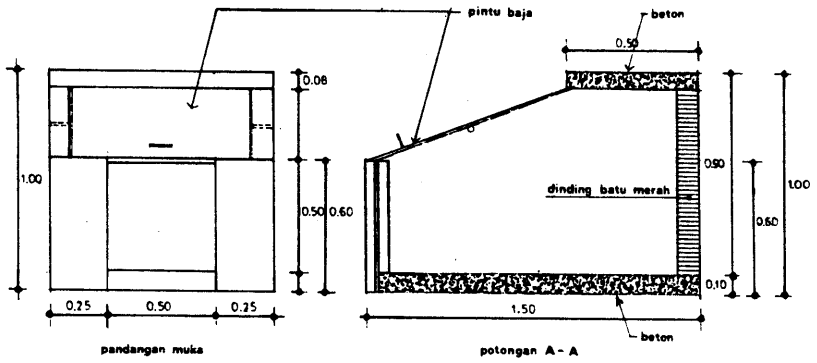
Sampah di Indonesia merupakan suatu campuran dari sampah kering (debu, abu, arang dan sebagainya), sampah basah (sisa-sisa dari dapur, daun-daun, sayuran dan buahan busuk dan sebagainya) dan barang-barang lain (kertas, kaleng, kaca, plastik, karet dan sebagainya). Timbunan sampah tersebut selalu menjadi sarang lalat, tikus dan binatang penyebar penyakit lainnya.

Pembuangan sampah di lingkungan kota besar, dilakukan oleh Dinas Pembersihan Kota. Sampah basah febenarnya dapat digunakan sebagai bahan pupuk dan bahan yang bisa dibakar dapat dimanfaatkan sebagai sumber enersi.

Di lingkungan yang belum memiliki Dinas Pembersihan, maka sampah harus dimasukkan/dipendam dalam tanah dan/atau dibakar dengan cara yang aman dan baik.

Kotak penyimpan pembuangan sampah perlu dibuat dengan teliti dan cukup kuat, seperti terlihat pada gambar berikut. Lantai harus dibuat dari beton, sehingga air kotor yang mungkin timbul di dalam kotak tidak merembes ke dalam tanah dan membahayakan kesehatan masyarakat dengan mengotorkan air minum yang bersih.





Gambar 4. 15.

5. Konstruksi Dinding

5. 1. Konstruksi Dinding Batu Alam

5. 1. 1. Pengetahuan dasar

a) Pembedaan batu alam atas tegangannya

Menurut tegangan yang diperbolehkan, batu alam dapat dibedakan atas:

Batu lunak (4 kg/cm^2 s/d 8 kg/cm^2). Batu lunak ialah batu alam, yang mudah dapat digali dengan alat tangan. Juga bagian pecahan batu ini dapat dipatahkan dengan tangan. Batu lunak sudah mengalami pelapukan dan mengandung banyak retakan.

Batu sedang (8 kg/cm^2 s/d 16 kg/cm^2). Istilah batu sedang berarti batu, yang sifatnya antara lunak dan keras. Penggalian batu ini dengan alat tangan sudah sukar. Bagian pecahan tidak dapat dipatahkan dengan tangan saja, tetapi mudah dihancurkan, kalau dipukul dengan palu.

Batu keras (16 kg/cm^2 s/d 50 kg/cm^2). Dengan batu keras dimaksudkan batu, yang hanya dapat digali dengan memakai bahan peledak, dan tidak mengandung banyak retakan.

b) Pembedaan batu alam atas kejadiannya

Karena pembagian batu alam atas nilai tegangan yang diperbolehkan kurang teliti, maka biasanya batu alam dibedakan menurut kejadiannya seperti berikut:

Batu karena pengerasan, biasanya batu gunung yang masif dan tebal lapisannya, mendapat tekanan dalam keadaan panas sekali atau keluar cair dari dalam bumi ke permukaan. Di sini batu itu karena dingin mengeras. Nama batu karena pengerasan masing-masing beserta sifat-sifat dan penggunaannya, dapat dipelajari pada tabel berikut.

Batu lapisan, ialah batu karena pengerasan, yang dimakan cuaca atau air sungai dan sebagainya dan yang kemudian terendapkan pada dasar sungai, danau atau laut. Bersama dengan endapan seperti lempung, kapur dan sebagainya akan menjadi batu lapisan. Kekerasan lapisan masing-masing sering berbeda juga di dalam warna dan sifatnya.

Batu ubahan, terjadi oleh gas, tekanan dan suhu yang tinggi sekali dari batu karena pengerasan atau batu lapisan. Batu ubahan dapat dibagi atas tiga golongan yaitu: balur, batu keping dan batu kontak.

Batu robohan, sebenarnya semacam batu lapisan, terdiri dari macam-macam mineral kontak. Dalam golongan batu robohan terdapat juga pasir, kerikil, batu kali, cadas-lahar, batu paras dan sebagainya.
Nama batu lapisan, batu ubahan dan batu robohan masing-masing beserta sifat-sifat dan penggunaannya, dapat dipelajari pada tabel berikut:

Tabel batu karena pengerasan yang penting dan penggunaannya

Golongan batu	Jenis batu	Mengandung mineral	Bangunnya	Warna	Sifat	Penggunaan
batu dalam	granit/pejal	felspar, kuarsa, mika	balur, kasar sampai halus	berbintik, abu-abu, kuning agak biru, merah hitam	tahan terhadap air, cuaca, asam; keras sekali, sulit dikerjakan	dinding batu alam, tangga, kerakal, pelat lantai batu alam
	syeanit	felspar, batu-tanduk, kadang-kadang sedikit mika	balur, halus sampai kasar	tua, seragam agak hijau atau biru, coklat-abu, merah-hitam	tahan terhadap air, cuaca, keras sekali, sulit dikerjakan	seperti granit
	diorit	felspar putih batu-tanduk yang hitam-hijau sisik dari klorit, mungkin juga kuarsa	halus, padat sekali	putih-hitam bercorak	seperti granit	seperti granit
	gabbro	felspar putih diallag	kasar	putih-hijau abu-abu muda, agak biru-ungu	tahan terhadap air dan cuaca tetapi tidak seperti granit	bagus sebagai batu hiasan
batu bunga	porfir	felspar, mika kuarsa, batu-tanduk dan lempung	halus dan padat sekali berisi balur dan mineral lain-lain.	merah, abu-abu muda, agak hijau, coklat-hijau	tahan terhadap cuaca, keras sekali, masir, renyah	kerakal, pelat lantai dan dinding, batu ganjal bangunan

Golongan batu	Jenis batu	Mengandung mineral	Bangunnya	Warna	Sifat	Penggunaan
batu ubahan	trakhit	felspar, biotit, batu-tanduk	halus dengan banyak rongga halus	abu-abu muda sampai tua agak kuning ke merah	ketahanan terhadap cuaca terbatas, keras baik dikerjakan	kerakal, batu dinding dan pelat lantai
	fonolit	felspar, augit nefelin	berbuih halus	biasa abu-abu	berkeping	atap batu alam, pelat lantai
	basalt	augit, olivin lensin, nefelin besi maknit	padat sekali berbuih halus, berkolom	abu-abu tua, hijau tua, biru tua sampai hitam	keras sekali, rapuh, sulit dikerjakan	kerakal untuk jalan dan di dalam air
	diabas	felspar, augit khlorit, apatit besi maknit	seragam masir	hijau, putih berbintik-bintik hitam	ketahanan terhadap cuaca terbatas	pelat dinding dan lantai
	melafir	felspar putih augit, olivin	berbuih halus sampai padat	hijau tua sampai hitam	mudah dimakan cuaca, keras	pelat batu alam untuk interior
batu hamburan	lahar basalt	besalt yang berlahar	bergelembung	abu-abu sampai hitam, biru tua	tahan terhadap cuaca, keras sekali	batu alam untuk dinding dan lantai
	cadas/wadas cadas porfir, diabas, trakhit	seperti porfir, diabas, trakhit dsb.	halus sampai kasar, mampung	kuning muda ke merah, abu muda	tambah tahan pada udara kering	batu alam untuk dinding
	batu apung	seperti cadas	keropos, mampung	abu, abu muda ke kuning muda	tahan terhadap cuaca dan air, ringan sekali	dengan tambahan semen dapat dibuat semacam batu batako

Tabel batu lapisan, batu ubahan dan batu robohan yang penting dan penggunaannya

Golongan batu	Jenis batu	Mengandung mineral	Bangunnya	Warna	Sifat	Penggunaan
batu api dan batu lempung	batu paras	kuarsa, mika felspar, kapur, lempung	masir kasar, sedang atau halus, biasa berlapis	putih, kuning abu-abu, merah coklat, hijau atau bercorak	ketahanan terhadap cuaca sedang, mudah dikerjakan	birai jendela dan pintu, konstruksi dinding dsb.
	batu robohan granit	robohan dari granit: kuarsa felspar, mika lempung-keping	masir bersudut atau bulat, kasar sampai halus	abu-abu/kelabu	ketahanan terhadap cuaca sedang	dinding batu alam, kerakal pelat dinding dan lantai
	lempung-keping	debu kuarsa dan endapan batu keras yang bergala-gala	masir halus, berlapis, berkeping	abu-abu tua ke hitam, hijau tua atau ungu tua	tahan terhadap cuaca dan api memecah tipis, bunyinya terang	atap batu alam, pelat lapis dinding
	konglomerat	batu karena pengerasan dan bingkah batu paras bergala-gala dengan pasir	masir kasar bundar dan tiada berkala	abu-abu panca-warna	ketahanan terhadap cuaca terbatas	dinding batu alam, batu hancuran untuk jalan
	brece	seperti konglomerat	seperti konglomerat, tetapi masir bersudut	seperti konglomerat	seperti konglomerat	seperti konglomerat
batu kapur	kapur keping	kapuspar dengan macam-macam tambahan	masir halus dan padat sekali	agak kuning	tahan terhadap cuaca, memecah tipis	pelat lapis lantai dan dinding, batu cetakan

Golongan batu	Jenis batu	Mengandung mineral	Bangunnya	Warna	Sifat	Penggunaan
batu kapur	marmer	kapurspar dengan macam-macam tambahan	masir kasar dan halus, retak dan berurat (harus ditimbun)	semua warna, hitam + putih, pancawarna, berpelinggam	tahan terhadap cuaca, agak mudah dikerjakan	pelat lapis dinding dan lantai, anak tangga
	kapur kerang	kerang dan endapan kerang yang bergalagala	masir kasar sampai halus padat	kuning-abu-abu sampai abu-abu-biru	tahan terhadap cuaca, baik dikerjakan	seperti marmer
	dolomit	kapurspar dengan magnesit	masir halus berpasir	abu-abu-kuning	lebih keras daripada kapur murni	pelat lapis dinding dan lantai
	travertin	batu lapisan kapur air tawar	berpesuk-pesuk, diabas	kuning-mas ke kuning muda	tahan terhadap cuaca, baik dikerjakan	seperti marmer
batu ubahan (sebenarnya marmer masuk juga golongan batu ubahan ini)	batu penghablur	seperti granit	masir halus dan sedang, berkeping	abu-abu ke abu-abu tua	ketahanan terhadap cuaca sedang, keras, mudah dipecah	pelat lapis lantai, kerakal
	batu ular	kapurspar, silisium dioxid magnesia	masir sedang padat	hitam dan hijau dicindai seperti ular	tahan terhadap cuaca dan api mudah dikerjakan	birai jendela dan pintu, tempat api
	mika serpih	kuarsa dengan biotit atau muskevit-mika	berkeping	putih, perak, atau agak coklat	tahan terhadap cuaca, dapat dipecahkan	atap batu alam
batu robohan	kerikil	seperti batu karena pengerasan, banyak kuarsa	sebagai pasir atau kerikil	kuning sampai abu-abu, muda sampai tua	tahan terhadap cuaca, keras sekali	untuk campuran beton dan dasar jalan

5. 1. 2. Ketahanan batu alam

Berat jenis batu alam dapat ditentukan antara 2 t/m³ dan 3 t/m³. Tekanan yang diperkenankan pada batu alam, yaitu pada:

batu cadas	100 kg/cm²
batu paras	500 kg/cm² s/d 1.000 kg/cm²
kapur kerang	300 kg/cm² s/d 900 kg/cm²
batu kapur (marmer dan sebagainya)	1.300 kg/cm² s/d 2.500 kg/cm²
granit/batu pejal	2.000 kg/cm² s/d 2.700 kg/cm²

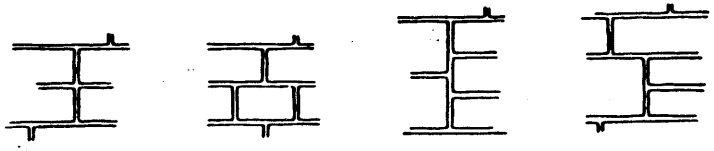
5. 1. 3. Pengeksploatasi dan persiapan batu alam

Batu alam dapat dilepaskan dengan perejang, baji atau dengan ledakan, api dan sebagainya. Dengan kerja tangan atau secara masinal batu alam yang telah dilepaskan tersebut dapat dibentuk menurut keperluan. Alat-alat yang dipergunakan ialah: gergaji batu, perkakas tekanan angin, baji dan macam-macam palu. Karena hampir semua batu alam tambah kerasnya jika kena udara, terutama asamarangnya H_2CO_3, maka sebaiknya batu alam dikerjakan secepat mungkin.

Permukaan batu alam dapat dipersiapkan menurut keperluan. Pada prinsipnya dapat ditentukan, bahwa batu alam yang keras boleh dipakai dengan permukaan yang kasar, dan batu alam yang agak 'lemah' memerlukan permukaan batu yang halus sehingga lebih tahan terhadap cuaca. Hampir semua batu alam dapat juga diupam jikalau perlu, terutama untuk pelat lapis dinding dan lantai (marmer dan sebagainya).

5. 1. 4. Aturan batu alam

Pada konstruksi dinding batu alam harus diperhatikan, bahwa panjang batu selalu harus dipasang siku-siku pada arah gaya tekan (misalnya berat sendiri, tingkat atau atap sebelah atas dan sebagainya). Perbandingan panjang: tinggi batu dipilih sebaiknya 1 : 1 sampai 1 : 5. Siar vertikal tidak boleh dijalur terus lebih daripada dua lapisan batu. Siar vertikal harus dipasang secara selang-seling dengan jarak minimal 8 cm. Sesudah dua lapisan batu alam terpasang, maka harus dipasang satu lapisan pengikat, yang dalamnya biasanya 1½ tingginya batu atau minimal 30 cm. Ini berarti, bahwa suatu dinding batu alam yang baik selalu mempunyai tebal minimal 30 cm.



salah betul salah betul Gambar 5.1.

Jikalau siar, yang timbul oleh bentuk batu alam yang tersedia, menjadi terlalu lebar, maka dapat diisi dengan potongan batu alam kecil, sehingga bayangan dinding batu alam menjadi seragam.

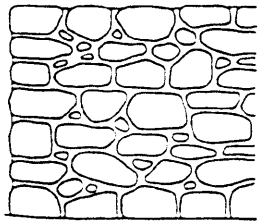
Sebagai adukan tidak boleh dipakai campuran semen portland dan pasir saja, karena adukan tersebut akan terlalu keras. Pada bagian dinding di bawah permukaan tanah (pondasi dan sebagainya) sebaiknya dipakai sebagai bahan adukan; 1 bagian (volume) kapur: 1 bagian tras. Untuk bagian dinding di atas permukaan tanah sebaiknya dipakai adukan berikut; ½ bagian semen portland : 1 bagian kapur : 6 bagian pasir. Jikalau dinding batu alam tidak akan diplester, maka semua siar horisontal dan vertikal harus diisi sesudah dinding tersebut selesai. Sebagai bahan isian yang dalamnya harus sama dengan lebarnya kita pakai bahan adukan; 1 bagian semen portland : ½ bagian kapur : 4 bagian pasir.

Dinding batu alam dapat dibagi menurut konstruksinya atas:

a) Konstruksi dinding batu alam yang kering

Dengan konstruksi dinding batu alam yang kering kita maksudkan suatu dinding, yang terpasang tanpa sesuatu yang basah, seperti adukan atau plester. Ini berarti suatu dinding batu alam, yang disusun tanpa menggunakan adukan atau plester. Tentu saja, dinding batu alam yang kering perlu aturan batu yang teliti sekali dan tebalnya yang jauh lebih besar daripada suatu konstruksi yang memakai adukan.

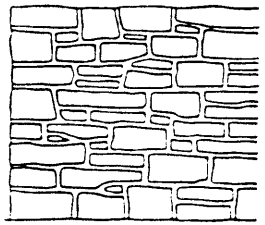
b) Konstruksi dinding batu kali



Gambar 5.2.

Pada konstruksi dinding batu kali kita menggunakan batu kali tanpa persiapan atau pecahan batu kali itu. Siar-siar akan tidak teratur. Supaya konstruksi dinding batu kali menjadi kuat, maka digunakan batu tarahan. Sekitar tiap-tiap 1.00 m kita pasang suatu lapisan pengikat yang horisontal seperti terlihat pada gambar samping kiri.

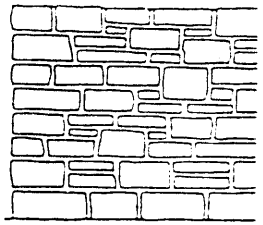
c) Konstruksi dinding batu pecahan



Gambar 5.3.

Pada konstruksi dinding batu pecahan kita menggunakan batu gunung yang dipecah tetapi tanpa tambahan tarahan. Batu-batu pecahan dengan tinggi 15 cm s/d 30 cm. Siar-siar yang tidak teratur harus diisi dengan adukan dengan teliti dan jikalau perlu dengan tambahan batu kecil/tipis. Suatu konstruksi dinding batu pecahan memerlukan sekitar tiap-tiap 1,50 m suatu lapisan pengikat horisontal pada seluruh tebal dinding. Konstruksi dinding batu pecahan biasanya memerlukan tebal konstruksi ± 50 cm.

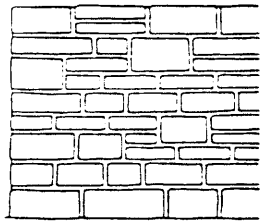
d) Konstruksi dinding batu tarahan



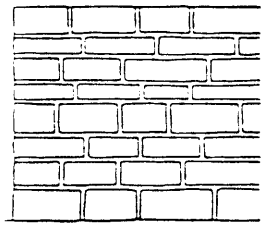
Gambar 5.4.

Pada konstruksi dinding batu tarahan, batu perlu tarahan pada bagian muka dan pada sisi atas dan bawah sedikitnya 12 cm lebar dan siku-siku pada bagian muka. Seperti pada konstruksi dinding batu pecahan kita perlukan pada konstruksi dinding batu tarahan sekitar tiap-tiap 1,50 m suatu lapisan pengikat horisontal pada seluruh tebal dinding.

e) Konstruksi dinding batu berlapis



Gambar 5.5.



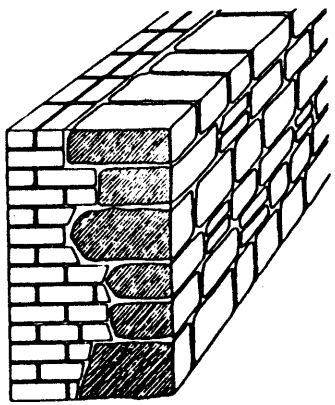
Gambar 5.6.

Pada konstruksi dinding batu berlapis kita menggunakan juga batu tarahan, hanya penarahan harus lebih teliti dan sisi atas dan bawah harus sedikitnya 15 cm lebar. Jikalau kita memilih pada satu lapisan batu satu ukuran batu saja, kita mendapatkan suatu bayangan yang teratur; jikalau kita memilih batu-batu dengan ukuran tercampur, maka bayangan menjadi tidak teratur seperti terlihat pada gambar 5.5. dan 5.6. di samping kiri. Siar horisontal dipilih antara 10 mm s/d 20 mm lebar dan siar vertikal antara 8 mm s/d 15 mm. Seperti pada konstruksi dinding batu pecahan, pada konstruksi dinding batu berlapis kita perlukan sekitar tiap-tiap 1,50 m suatu lapisan pengikat horisontal pada seluruh tebal dinding.

f) Konstruksi dinding batu bata alam

Dengan konstruksi dinding batu bata alam dimaksudkan suatu konstruksi dinding batu berlapis dengan batu-batu yang ditarah/digergaji keliling, menjadi bata. Biasanya batu ditarah menurut gambar dengan ukuran-ukuran tertentu. Pembangunan dinding batu bata alam tanpa adukan sebagai konstruksi dinding batu alam yang kering, membahayakan kekuatan konstruksi. Cara ini hanya boleh dilakukan, jikalau batu bata alam digosok pada sisi atas dan bawah, sehingga terletak rapat betul.

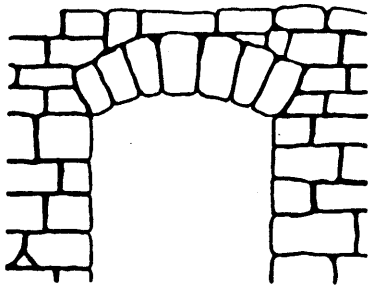
g) Konstruksi dinding batu campur



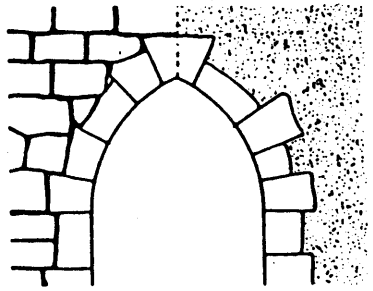
Gambar 5.7.

Konstruksi dinding batu campur terdiri dari dua bagian dinding, yaitu: bagian luar konstruksi dinding berlapis dan bagian dalamnya terdiri dari konstruksi batu merah. Gaya-gaya tekanan diterima oleh dua bagian bersama. Supaya konstruksi ini menjadi suatu kesatuan, kita harus memperhatikan beberapa titik penting. Batu alam pada barisan biasa harus minimal 11,5 cm tebal. Batu alam pada lapisan pengikat harus dalamnya minimal 24 cm dan/atau 10 cm lebih daripada batu alam pada lapisan biasa. Tebalnya konstruksi dinding batu merah seharusnya minimal 24 cm diukur dari batu alam lapisan pengikat. Siar horisontal pada bagian batu alam dan pada bagian batu merah harus sama tebalnya.

5. 1. 5. Pembuatan lobang jendela busur dan segiempat

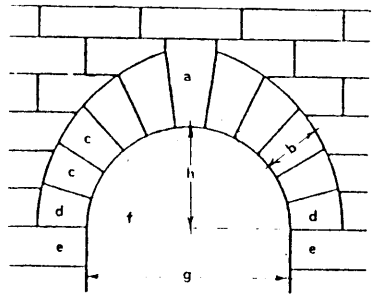


Busur tembereng
Gambar 5.8.



Busur kemuncak
Gambar 5.9.

Karena pembuatan lubang jendela busur dan segiempat dalam konstruksi batu alam agak jarang terjadi, maka dalam rangka buku ini kita hanya memperhatikan nama masing-masing yang timbul pada konstruksi busur tersebut di atas.



a) batu penutup
b) tebal busur
c) batu busur
d) batu permulaan
e) batu induk
f) garis dasar busur
g) lebar busur
h) tinggi busur

Gambar 5.10.

5. 2. Konstruksi Dinding Beton

5. 2. 1. Pembuatan semen portland

Semen menjadi semacam perekat, yang tercampur dengan air akan menjadi keras dan bertambah kekuatannya menurut umurnya. Semen dapat digunakan terutama dalam pembangunan sebagai adukan plester (semen, pasir dan air atau semen, kapur, pasir dan air) atau sebagai beton (semen, kerikil, pasir dan air).

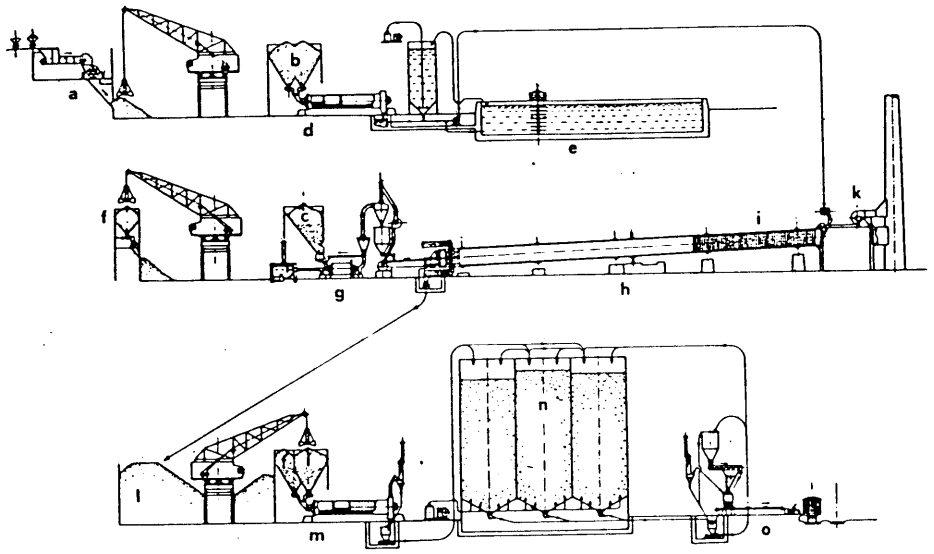
Sebagai perekat dalam pembangunan sudah ratusan tahun digunakan 'semen', misalnya semen merah, kapur, tras, dan sebagainya. Karena itu sebaiknya selalu digunakan istilah semen portland (PC).

Semen portland ditemukan dengan membakar batu kapur sampai terjadi peleburan sebagian pada tahun 1825 oleh tukang batu *Aspidin di Leeds,* Inggeris. Karena ia menggunakan batu kapur dari Portland ia memberi nama semen portland. Akan tetapi baru sekitar dua puluh tahun kemudian *Johnson* menemukan cara pembuatan semen portland yang cukup sederhana, sehingga dapat diproduksi dalam pabrik.

Proses pembuatan semen portland yang modern dapat dibagi atas tiga cara, yaitu: a) Cara basah dengan dapur putar yang berbaring, b) Cara kering dengan dapur putar yang berbaring, dan c) Cara kering dengan dapur yang berdiri.

a) Cara basah dengan dapur putar yang berbaring

Pada cara basah bahan baku melalui penggilingan dan dengan tambahan air menjadi lumpur. Kemudian lumpur bahan baku akan terbakar dalam dapur seperti terlihat pada gambar berikut:



Gambar 5.11.

a) penggilingan batu kapur, b) bahan baku, c) arang, d) penggilingan lumpur, e) bak penyimpan lumpur, f) batu tahu, g) penggilingan arang, h) dapur putar, i) pengeringan lumpur, k) ventilator, l) tempat penyimpan terak, m) penggilingan semen, n) silo semen, o) pengantongan

b) Cara kering dengan dapur putar yang berbaring

Karena ini cara pembuatan semen portland yang biasanya dilakukan di Indonesia, maka kita memperhatikan proses ini lebih dalam sedikit. Pada umumnya pembuatan semen portland menggunakan bahan calcarious dan bahan agrillaceaous dengan perbandingan 4 : 1. Untuk membuat 1 ton semen portland diperlukan bahan-bahan seperti berikut: batu kapur 1.200 kg, lempung 250 kg, pasir silika 100 kg, pasir besi 10 kg dan batu tahu (gips) 30 kg.

Batu kapur dikirim ke penggilingan dan dihancurkan sampai ukurannya lebih kecil daripada 30 mm. Lempung perlu pengeringan pendahuluan untuk mengurangi kadar air. Kemudian campuran bahan baku dihancurkan dalam penggilingan, yang bekerja atas dasar gerakan gesekan dan tumbukan sehingga kehalusan tertentu. Selain terjadi 'tepung' dalam penggilingan juga terjadi pencampuran dan pengeringan karena penggilingan juga jadi dapur. Kemudian tepung bahan baku diangkut ke silo.

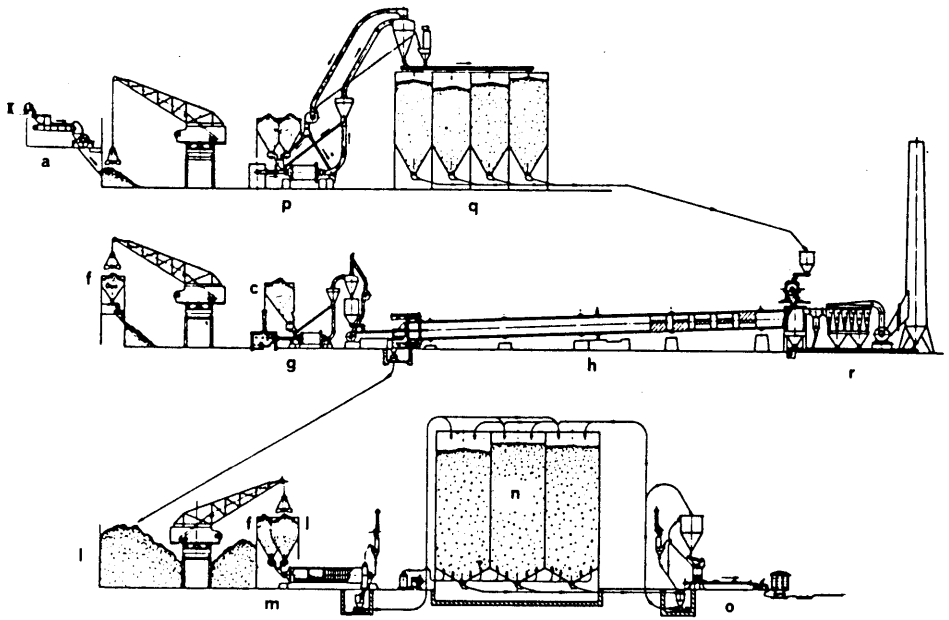
Dari silo tepung bahan baku dipanaskan dan dibersihkan dari debu sebelum masuk dapur putar. Dapur putar merupakan dapur untuk membakar tepung bahan baku

menjadi terak (clinker). Dalam dapur putar yang diputar perlahan-lahan tepung bahan baku bergerak dari mulut menuju ekor sambil dipanaskan sampai terjadi peleburan sebagian, yaitu sampai suhu ± 1450 °C. Dapur putar dengan kemiringan 3,5° dipanaskan dengan arang atau dengan minyak bumi.

Kemudian terak didinginkan dengan cepat, agar didapat semen yang mutunya tinggi. Terak yang sudah dingin disimpan di dalam silo terak.

Selanjutnya terak dan batu tahu dengan perbandingan tertentu digiling dalam penggilingan semen yang berupa silinder berputar dengan bola-bola atau silinder-silinder baja di dalamnya. Penggilingan semen dibagi menjadi dua tau tiga kamar dengan ukuran bola-bola baja yang berlainan untuk memperoleh efisiensi yang baik.

Semen, hasil penggilingan semen, yang sudah jadi disimpan dalam silo semen dan setelah mutunya dipastikan baik, dikirim ke bagian pengantongan. Pengantongan dilakukan secara terus-menerus dalam kantong-kantong 40 kg dan siap untuk pengiriman ke perdagangan.



Gambar 5.12.

a) penggilingan batu kapur, c) arang, f) batu tahu, g) penggilingan arang, h) dapur putar, l) tempat penyimpan terak, m) penggilingan semen, n) silo semen, o) pengantongan, p) penggilingan bahan baku, q) silo tepung bahan baku, r) bagian pembersihan dari debu.

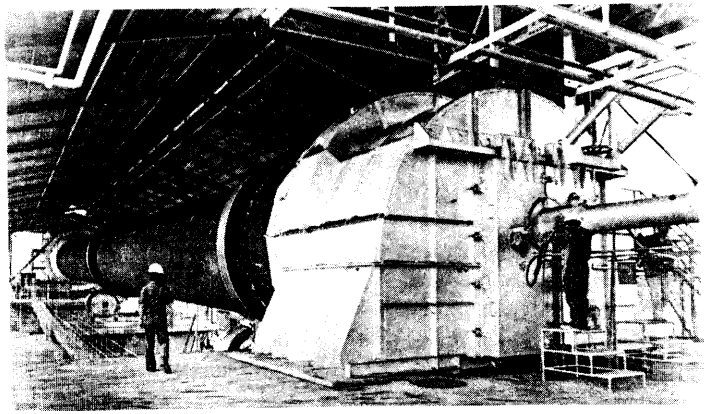
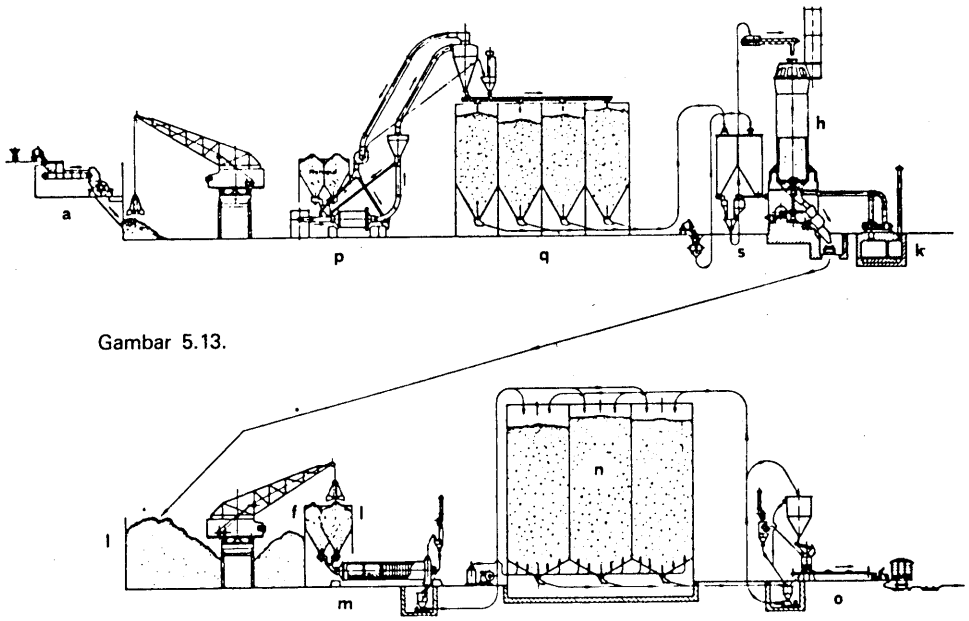


Foto dapur putar dari perusahaan Indocement dengan ukuran panjang 70,00 m dan garis-tengahnya 4,75 m.

c) Cara kering dengan dapur yang berdiri

Cara kering dengan dapur yang berdiri ekonomis sekali untuk perusahaan semen yang agak kecil. Juga penggunaan tanah jauh lebih kecil daripada dapur putar yang berbaring dengan panjang 70,00 m atau lebih. Akan tetapi hasil dari dapur yang berdiri jauh lebih kecil. Caranya memproses dapat dipelajari pada gambar berikut:



Gambar 5.13.

a) penggilingan batu kapur, f) batu tahu, h) dapur yang berdiri, k) ventilator, l) tempat penyimpan terak, m) penggilingan semen, n) silo semen, o) pengantongan, p) penggilingan bahan baku, q) silo tepung bahan baku, s) timbangan.

5. 2. 2. Pengetahuan dasar tentang beton

Yang dimaksudkan dengan beton ialah suatu campuran yang terdiri dari:

Perekat	Bahan tambahan	Air
semen, biasanya semen portland	pasir, kerikil, cadas, batu apung, asbes, semen merah, serbuk kayu atau arang besi	air dari PAM, sumur, sungai atau danau yang bersih

Tugas perekat yaitu menghubungkan biji pasir atau kerikil dan mengisi lubang-lubang di antaranya. Tambahan air baru memungkinkan pengikatan dan pengerasan dari perekat.

Semen portland tergolong sebagai bahan pengikat hidraulis, yaitu bila semen dicampur dengan air, maka terjadi proses pengerasan.

Di bagian pembangunan kita biasanya menggunakan kualitas-kualitas beton berikut:

K 100 s/d K 150	dasarnya setebal 5 cm untuk pondasi beton bertulang atau untuk tegel dan sebagainya
K 150 s/d K 200	pondasi beton
K 200 s/d K 225	dinding beton yang tidak bertulang dan lantai beton yang tidak bertulang
K 250 s/d K 300	dinding dan loteng beton bertulang
K 300 s/d K 350	beton bertulang untuk jembatan dan sebagainya
K 400	beton pra-tekan.

Angka K menentukan campuran semen portland dalam kg per m^3 beton, misalnya K 200 berarti 200 kg semen portland untuk 1 m^3 beton jadi.

Sifat-sifat beton terpengaruh oleh faktor-faktor berikut:

- Kualitas semen; untuk konstruksi beton bertulang pada umumnya dapat dipakai jenis-jenis semen yang memenuhi ketentuan-ketentuan dan syarat-syarat yang ditentukan dalam NI-8.
- Dengan kenaikan angka K maka tegangan yang diperbolehkan atas ketahanan terhadap air meningkat.
- Perbandingan campuran semen portland, bahan tambahan dan air.
- Agregat campuran halus dan kasar.
- Cara mencampur komponen.
- Agregat kasar (kerikil atau batu pecahan).

— Cara pencoran.
— Ketelitian pekerjaan perawatan.
— Umur beton.
— Suhu waktu mencampur dan waktu proses pengerasan beton.

Agregat campuran halus dan kasar (perbandingan pasir : kerikil):

Perbandingan campuran pasir : kerikil dalam volume yang paling baik ialah 1 : 2 s/d 2 : 3. Maka dua kali banyaknya pasir merupakan banyaknya kerikil atau dua bagian pasir dan tiga bagian kerikil. Kemungkinan lain juga 3 : 5 atau 5 : 7 untuk campuran beton yang lebih halus pada bagian bangunan cor yang tipis. Jikalau digunakan perbandingan 3 : 5 atau 5 : 7, nilai tekanan yang diperbolehkan harus direduksikan sebesar 10 %. Jikalau perbandingan mengandung pasir lebih banyak lagi, maka kekuatan beton menurun.
Susunan butir agregat campuran untuk beton dengan mutu K 125 dan mutu lebih tinggi, harus diperiksa dengan melakukan analisa ayakan. Untuk itu ditetapkan susunan ayakan dengan lubang-lubang persegi, dengan ukuran lubang dalam mm berturut-turut: 31,5 - 16 - 8 - 4 - 2 - 1- 0,5 - 0,25 (ayakan ISO). Apabila tidak tersedia susunan ayakan ini, maka dengan izin dari pengawas ahli, susunan ayakan lain juga dapat dipakai, asal mempunyai ukuran-ukuran lubang yang mendekati ukuran-ukuran di atas.

Air:

Air untuk pembuatan dan perawatan beton tidak boleh mengandung minyak, asam, alkali, garam-garam, bahan-bahan organis atau bahan-bahan lain yang merusak beton dan/atau baja tulangan. Dalam hal ini sebaiknya dipakai air bersih yang dapat juga diminum. Apabila terdapat keragu-raguan mengenai air, dianjurkan untuk mengirim contoh air itu ke lembaga pemeriksaan bahan-bahan yang diakui untuk diselidiki, sampai seberapa jauh air itu mengandung zat-zat yang dapat merusak beton dan/atau baja tulangan.
Jumlah air yang dipakai untuk membuat adukan beton dapat ditentukan dengan ukuran isi atau ukuran berat dan harus dilakukan setepat-tepatnya. Jumlah air yang dipakai tergantung dari keadaan bahan tambahan, kelembaban bahan tambahan, perbandingan campuran pasir : kerikil dan penggunaan beton. Sebagai bantuan dapat diperhatikan tabel berikut:
Tabel penentuan jumlah air per 1 m^3 beton jadi:

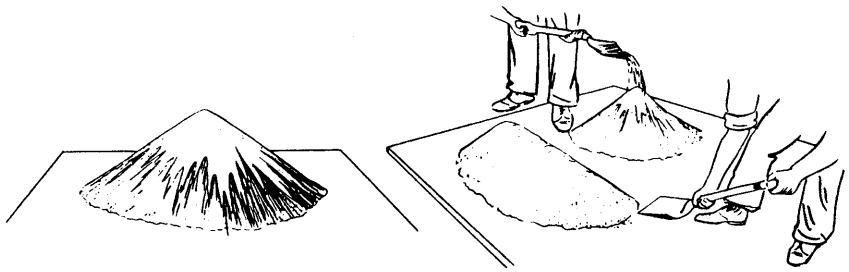
Banyaknya semen kg	Pasir dan kerikil alam yang bulat		Pasir dan kerikil batu pecahan	
	beton plastis	lembab	beton plastis	lembab
150	160 lt	140 lt	195 lt	180 lt
200	165 lt	145 lt	200 lt	185 lt
250	170 lt	150 lt	205 lt	190 lt
300	175 lt	155 lt	210 lt	195 lt
350	180 lt	160 lt	215 lt	200 lt

5. 2. 3. Persiapan beton

Kualitas beton tidak hanya tergantung pada bahan tambahan, air atau kualitas semen portland, melainkan juga sebagian besar pada persiapan beton, yaitu pada cara campuran komponen-komponen dan pada pekerjaan perawatan lanjutan. Sebagai cara campuran beton kita kenal dua kemungkinan, yaitu a) secara pekerjaan tangan, dan b) secara masinal.

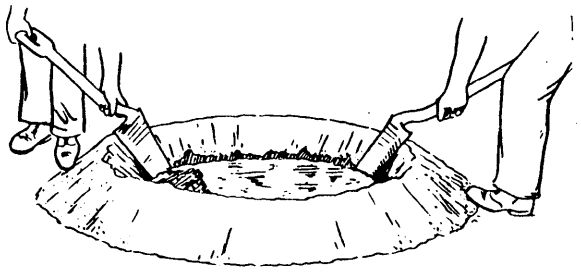
a) Secara pekerjaan tangan

Jikalau kita campur beton secara pekerjaan tangan, kita tidak boleh mencampur lebih daripada ¼ m^3 sekaligus. Kita aduk pasir, kerikil dan semen di atas lantai bersih dalam keadaan yang kering paling sedikit tiga kali seperti terlihat pada gambar berikut:



Gambar 5.14.

Sekarang dibentuk sebuah kolam di tengah campuran komponen yang masih kering dan diberi air di pertengahan menurut tabel yang dapat diperhatikan pada bagian 'air' di atas. Perlu dikatakan di sini bahwa terlalu banyak air mengurangi kualitas dan ketahanan beton. Kemudian kita mulai mencampur bagian pinggiran yang kering dengan air di kolam pada pertengahan, sampai semua air hilang tercampur dalam campuran komponen. Sekarang campurkan beton sekali lagi paling sedikit tiga kali sampai adukan menjadi homogin, lihat gambar berikut:

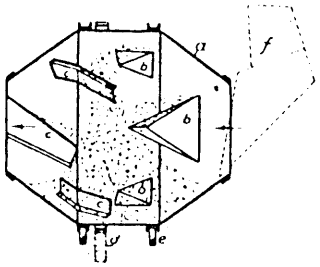


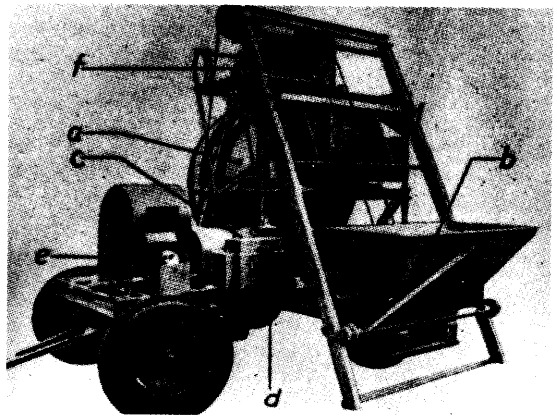
Gambar 5.15.

Kualitas campuran adukan beton ini mempengaruhi kualitas beton selanjutnya.

b) Secara masinal

Makin lama makin lebih digunakan juga di Indonesia mesin kilang beton terutama pada bangunan beton yang besar. Pada mesin kilang beton kita dapatkan dua sistem, yaitu: mesin kilang beton bolak-balik dan mesin kilang beton tumpah.
Kita memperhatikan pertama mesin kilang beton bolak-balik, seperti terlihat pada gambar berikut:





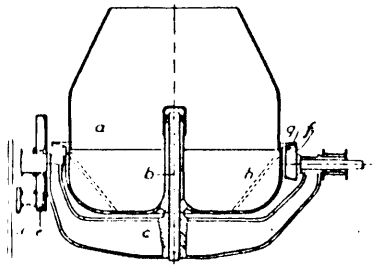
Gambar 5.16.

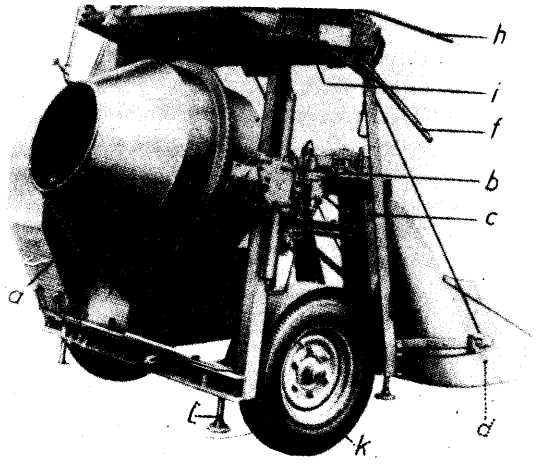
a) teromol campur beton
b) perlengkapan besi campur
c)
d) pemusing
e) rol pendukung teromol
f) kotak pengisian komponen beton kering

Foto mesin kilang beton bolak-balik

a) teromol campur beton
b) kotak pengisian komponen beton kering
c) kotak roda gigi
d) pelayanan mesin
e) meter air/ukuran air
f) bak air

Pada teromol campur beton a) pada kedua ujungnya ada kerucut terpancung sebagai ujung pengisi dan ujung penumpah. Pada bagian dalam teromol ini dipasang perlengkapan besi campur (b) dan c) pada gambar kiri di atas) yang selalu melemparkan adukan beton ke pertengahan teromol jikalau diputar oleh mesin dalam jurusan putaran tertentu. Kalau putaran ini akan diubah, maka perlengkapan besi campur itu akan melemparkan adukan beton ke ekor teromol tersebut dan keluar mesin campur beton.
Sistem mesin kilang beton bolak-balik biasanya digunakan pada mesin kilang beton yang agak besar. Pada mesin-mesin kilang beton yang agak kecil biasanya digunakan sistem mesin kilang beton tumpah seperti terlihat pada gambar dan foto berikut:





Gambar 5.17.

a) teromol campur beton
b) sumbu putar teromol campur beton
c) penyangga
d) perlengkapan penumpah
e)
f) roda gigi pemutar teromol
g) bingkai bergigi

Foto mesin kilang beton tumpah

a) teromol campur beton
b) perlengkapan penumpah hidraulis
c) pentil
d) kotak pengisian komponen beton kering
e) kopling untuk kotak pengisian komponen beton kering yang otomatis
f) tangkai untuk kopling e)
g) bak air
h) tangkai untuk bak air
i) ukuran timbangan
k) roda
l) kaki penyetel

Pada mesin kilang beton tumpah pengisian komponen beton kering dan penumpahan dilakukan dengan mengubah kemiringan teromol campur semen. Jikalau teromol campur beton berdiri tegak, maka pencampuran beton tidak dijalankan, karena itu teromol campur beton selalu berputar dalam keadaan miring. Karena cara mesin kilang beton tumpah sederhana sekali, maka cara ini paling umum, walaupun biasanya sistem ini hanya dapat digunakan pada mesin kilang beton yang agak kecil.

c) Pekerjaan perawatan

Sesudah beton selesai tercampur dan diisikan dalam bekisting, sebenarnya sudah harus kita mulai dengan pekerjaan perawatan. Sampai sekarang masih sering buruh-buruh, yang mencor suatu bagian bangunan dari beton, memukul pada bekisting sehingga adukan beton mengalir ke dalam tempat bekisting masing- masing. Akan tetapi sebaiknya kita menggunakan suatu vibrator (alat getar) sehingga beton dalam bekisting menjadi seragam dan homogin seperti terlihat pada gambar-gambar berikut:

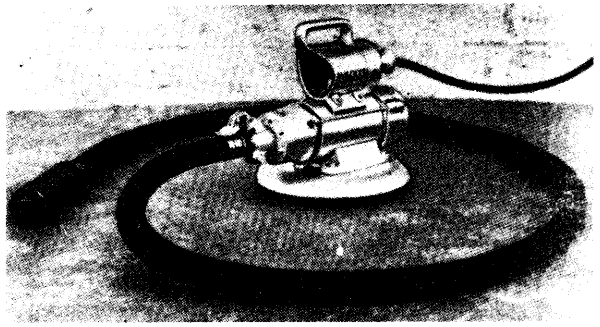
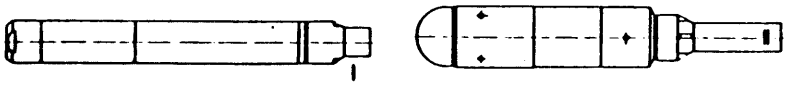


Foto 5.18.
Vibrator dengan mesin dan poros lentur

Ada dua macam vibrator, yaitu dengan mesin dan poros lentur yang mengalirkan getaran ke jarum getar seperti terlihat pada foto 5.18. di atas. Atau dengan jarum yang berisi mesin getar yang hanya perlu sambungan kabel listrik, lihat gambar 5.19. dan foto 5.20. berikut:



Gambar 5.19.

Dua vibrator (jarum getar) yang berisi mesin getar sebagai contoh, I dengan garis-tengah 75 mm dan 1,2 kW dan II dengan garis-tengah 100 mm dan 2,3 kW.

a) jarum getar dengan mesin getar di dalamnya
b) kabel sambungan listrik
c) saklar
d) slang pengaman kabel

Foto 5.20.

Untuk menggunakan vibrator seharusnya beton lebih kering daripada biasanya. Penggetaran harus langsung dilakukan sesudah beton diisi pada bekisting. Penggetaran harus kuat dan sekitar ¼ menit s/d ½ menit pada satu tempat, sampai permukaan beton mulai melebur. Harus diperhatikan bahwa jarum vibrator tidak boleh kena baja tulangan beton. Bekisting harus lebih kuat dan lebih rapat daripada bekisting untuk beton biasa.

Beton yang baru dicampur dapat digunakan hanya dalam waktu terbatas. Biasanya beton harus selesai diisi dan digetarkan, sebelum lewat 2 jam atau 2 ½ jam menurut suhu setempat. Selambat-lambatnya sesudah 7 jam beton mulai dengan pengerasan dan sesudah 48 jam (dua hari) beton sudah mencapai 30 % kekerasan yang akan diharapkan.

Selama dua minggu beton harus diberi perawatan, yaitu perlindungan terhadap panas matahari dan angin. Jikalau perlu diairi, beton beberapa kali ditutup dengan papan, plastik atau tikar.

Sesudah suatu bagian bangunan dari beton dibebaskan dari bekisting (dua atau tiga minggu sesudah pencoran), jangan terlalu cepat dicat dengan cat yang mengandung ter, karena ter mengandung oli yang bisa merusak permukaan bagian bangunan dari beton itu.

5. 2. 4. Bekisting dinding dan kolom beton

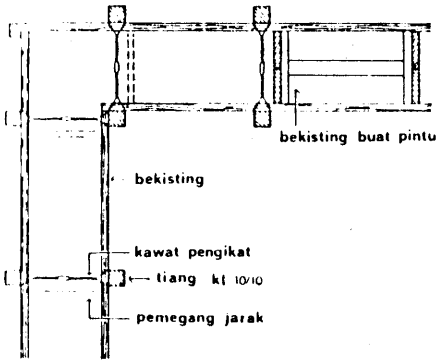
Bekisting untuk beton dan beton bertulang menuntut biaya juga dari seluruh pembangunan. Bekisting ini harus menampung dan menumpu beton basah di tempatnya dan menurut bentuknya. Bekisting akan meneruskan beban itu kepada pondasi atau dasar beton di bawahnya. Jadi bekisting mempunyai tugas yang terbatas dan bisa dianggap sebagai bagian darurat dalam pembangunan. Pertimbangan yang harus diperhatikan ialah: cukup kuat dan cukup diperkuat, sedikit mungkin kayu, sedikit mungkin alat besi, sedikit pembuangan, dapat dipasang dengan mudah dan cepat, mudah dibongkar tanpa mengadakan sentakan. Bekisting hendaknya disusun begitu rupa, sehingga dapat dipergunakan lagi bagi kesempatan lain. Konstruksinya sendiri tergantung dari cara menyuplai beton, letak katrol (derek) kalau ada, vibrator (alat getar) kalau ada, dan perlu tidaknya bagian-bagian bekisting itu digunakan lagi.

Pada rencana bangunan kecil biasanya cukup dilakukan perhitungan sederhana yang didasarkan pada pengalaman. Tetapi bagi bangunan bekisting pada pembangunan dengan perhitungan atau bangunan tinggi dengan tingkat lebih dari 5,00 m, perhitungan statis tidak dapat dihindarkan. Pada loteng atau kubah berketinggian lebih dari 8.00 m, atau bagian-bagian bangunan tertentu yang berat, maka diperlukan sekali bekisting ilmiah. Dan ini jelas membutuhkan perhitungan statis. Pada lebar topang yang besar adakalanya sebagaian bekisting turun. Untuk menghindarkan ini, baiklah kalau di tengah-tengah lebar topang diadakan peninggian bekisting secukupnya. Turunnya bangunan bekisting pada tempat yang satu, bisa mengakibatkan naiknya di tempat yang berlawanan, atau bahkan runtuhnya seluruh bangunan bekisting.

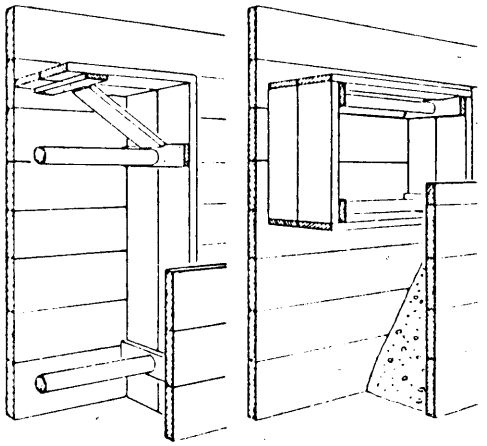
Papan bekisting harus dipasang sedemikian rupa, sehingga papan-papan tidak akan mencembung oleh pengaruh matahari dan hujan, sebelum beton dicor. Hal ini dapat diatasi dengan memasang papan dengan bagian hati ke atas dan paku pada pertengahan papan bekisting masing-masing.

Beban kerja pada bekisting untuk perhitungan statis harus ditentukan sebesar 250 kg/m² s/d 350 kg/m², ditambah dengan berat beton basah sekitar 2,5 ton/m³. Kalau bekisting akan digunakan lagi, maka sebaiknya digunakan papan bekisting yang diketam mesin. Papan bekisting lebarnya bisa 10 cm s/d 16 cm dan tebalnya 25 mm (1''). Untuk lantai bekisting loteng berkolom sering juga diambil papan bekisting yang lebih tebal; 30 mm s/d 50 mm. Sebagai balok-balok jangan digunakan ukuran lebih kecil dari 2'' x 3''.

a) Bekisting untuk dinding beton

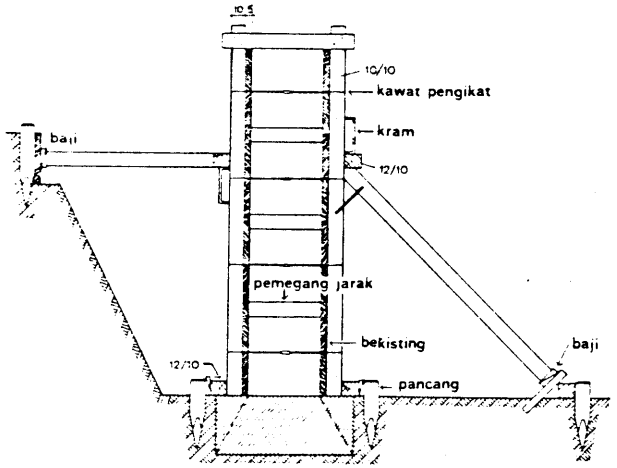


Gambar 5.21.

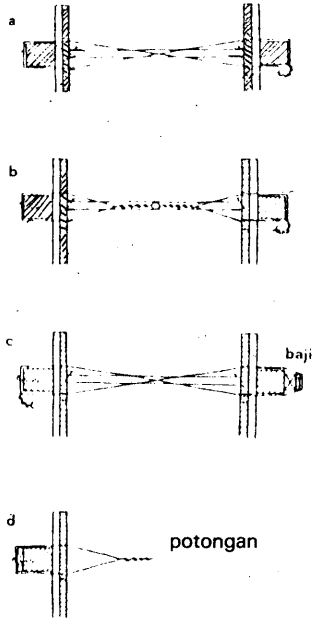


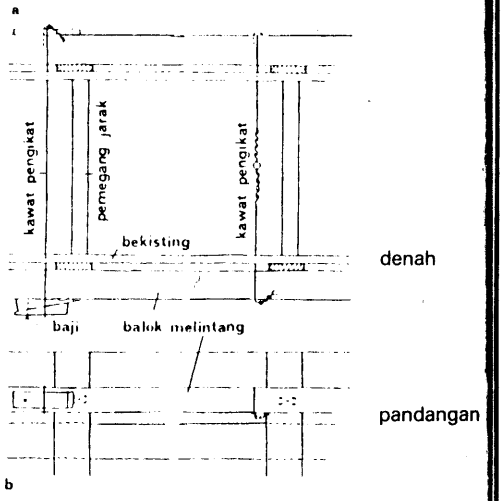
Gambar 5.22.

a) bekisting pada pintu, b) bekisting pada jendela



Gambar 5.23.





denah

pandangan

Gambar 5.25.

Gambar 5.24.

Pemasangan kawat pengikat dilakukan dengan cara berikut: Penopang/pemegang jarak dipasang sementara dengan paku pemegang dari atas, sehingga nanti dapat dicabut dengan mudah pada waktu mencor beton. Dekat pada penopang jarak dan balok memanjang kita membor dua lubang untuk kawat pengikat seperti terlihat pada foto-foto 5.26. berikut. Kawat pengikat dengan garis-tengah 3 mm s/d 4 mm dipasang pada lubang tersebut seperti terlihat pada gambar 5,24.a di atas secara bersilang.

Kemudian ada dua cara, yaitu dengan memulaskan kawat pengikat pada salib sampai bekisting menjadi rapat dengan pemegang jarak. Cara kedua adalah dengan membentang kawat pengikat dengan dua baji seperti terlihat pada gambar 5.24.c dan 5.25.a + b dan pada foto-foto 5.26. berikut:

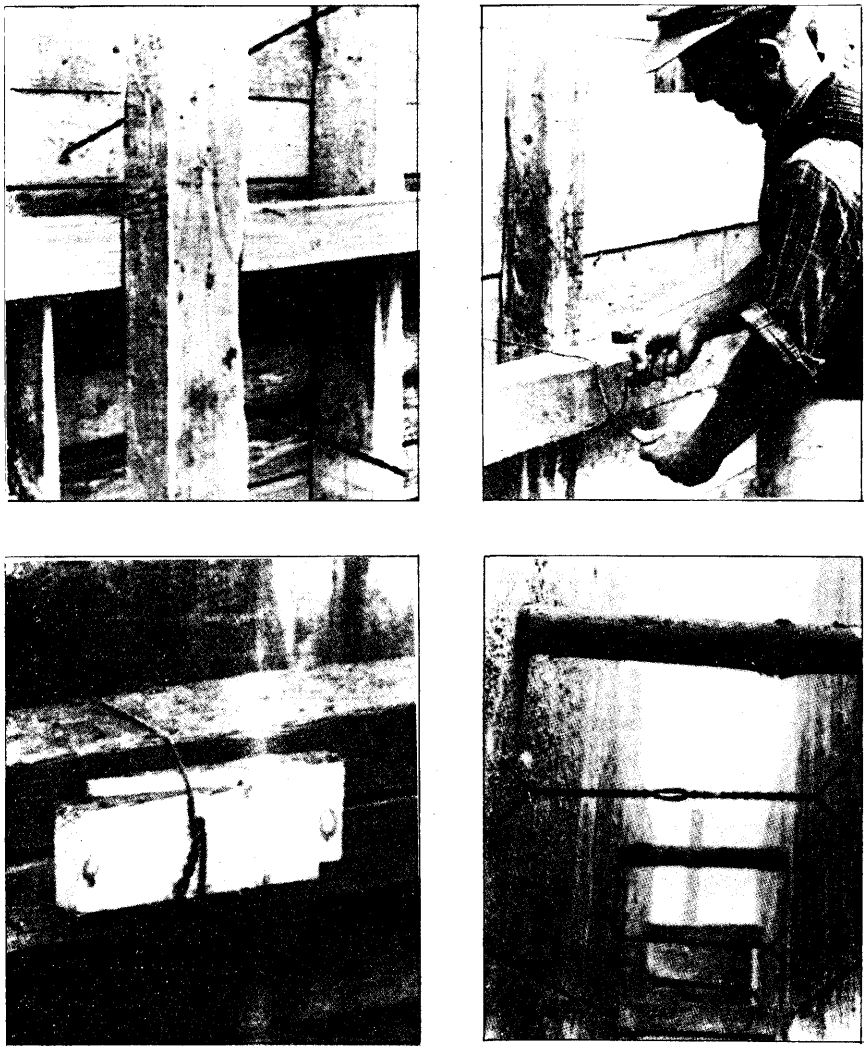
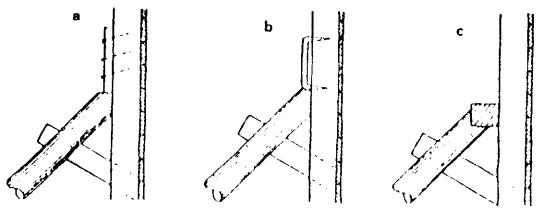


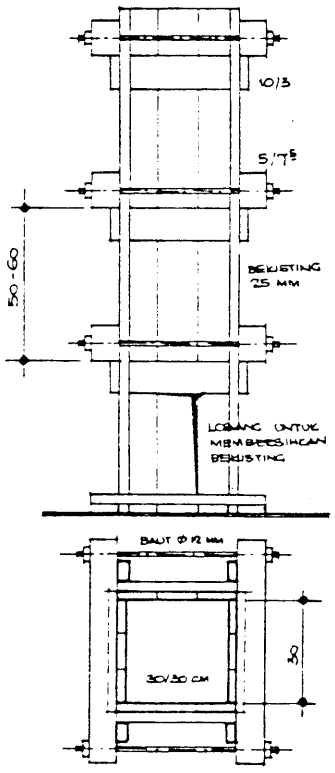
Foto-foto 5.26. bawah kiri: pengikatan dengan baji, bawah kanan: pengikatan dengan memulaskan kawat

Pemasangan kuda penopang seperti terlihat pada gambar 5.23. di atas juga dapat dilakukan dengan beberapa macam cara, yaitu a) dengan gigi tunggal, b) dengan kram atau c) dengan cakar seperti terlihat pada gambar 5.27. berikut:



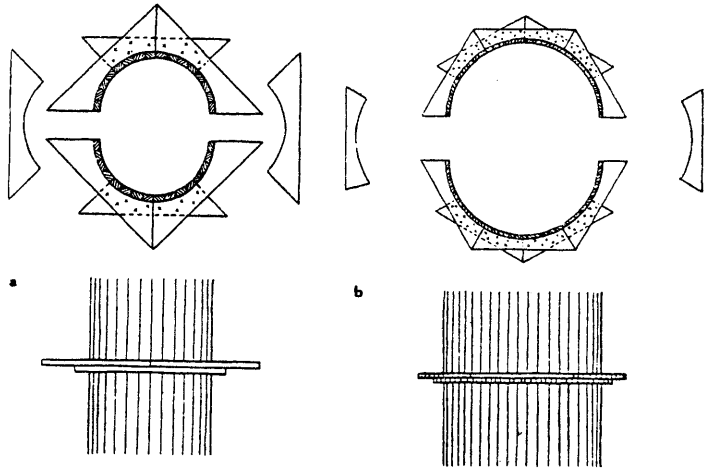
Gambar 5.27.

b) Bekisting kolom



Gambar 5.28.

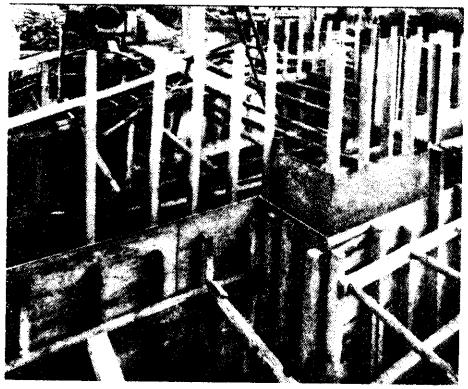
Pada bekisting kolom harus diperhatikan beberapa hal yang berbeda, dibandingkan dengan bekisting dinding. Kita harus selalu memasang suatu lubang untuk membersihkan bagian dalam bekisting, sebelum mencor kolom itu. Lubang itu dapat ditutup dengan satu potongan papan bekisting dari sebelah luar. Pada kolom yang bundar kita memakai papan-papan saja sebagai 'balok' pengikat horisontal. Jikalau kita perhatikan lebarnya papan di pasaran, biasanya hanya sampai 20 cm lebarnya. Kalau kita memerlukan paling sedikit lebar papan sebesar 7 cm pada bagian busur, maka dengan menggunakan 8 papan pada suatu 'balok' pengikat garis-tengahnya kolom tidak boleh melebihi 85 cm seperti terlihat pada gambar 5.29.a. berikut. Tetapi kalau kita memilih 12 papan seperti terlihat pada gambar 5.29.b garis-tengahnya kolom boleh sampai dengan 1.85 m.



Gambar 5.29.

c) Bekisting dengan multiplex

Karena harga kayu di Indonesia juga makin lama makin naik, maka beberapa perusahaan sudah mulai memakai kayu multiplex untuk bahan bekisting. Kayu multiplex mengandung keuntungan, bahwa lembaran-lembaran itu licin, ringan dan luas. Harus diperhatikan agar tebal lembaran multiplex mencukupi. Jikalau lembaran-lembaran multiplex ingin kita gunakan beberapa kali, kita gunakan kayu multiplex yang tahan air.
Sebagai contoh dapat diperhatikan foto-foto di bawah ini dengan contoh bekisting dinding dan bekisting kolom.



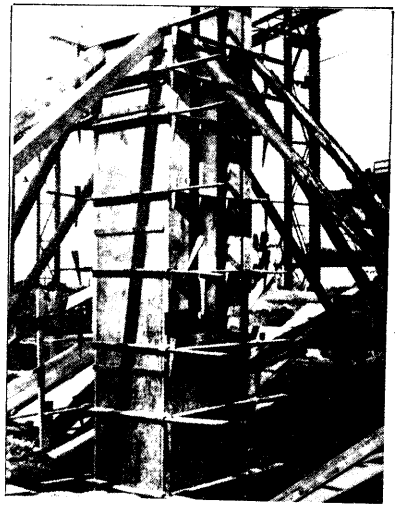


Foto 5.30. Bekisting dengan multiplex

5. 3. Konstruksi Dinding Batu Buatan

5. 3. 1. Bahan-bahan bangunan

a) Batu buatan yang dibakar (batu merah)

Pembuatan batu bata atau batu merah sebagai hasil 'home industry' atau perusahaan batu merah harus memenuhi peraturan umum untuk bahan bangunan di Indonesia NI-3 dan peraturan batu merah sebagai bahan bangunan NI-10.
Batu merah sebagai hasil 'home industry', yang biasanya dilakukan oleh rakyat di desa-desa, dibuat dengan menggunakan bahan-bahan dasar seperti berikut:

Lempung (tanah liat) 6 bagian berat yang mengandung silika sebesar 50 % sampai dengan 70 %.

Sekam padi 2 bagian berat yang manfaatnya untuk pencetakan batu merah, sebagai alasnya supaya batu merah tidak melekat pada tanah, dan permukaan batu merah akan cukup kasar. Tetapi sekam padi juga dicampur pada batu merah yang masih mentah. Sekam itu waktu pembakaran batu merah akan terbakar dan pada bekas sekam padi yang terbakar akan timbul lubang-lubang kecil yang kemudian merupakan pori-pori batu merah itu.

Kotoran binatang 1 bagian berat; nantinya dipergunakan untuk melunakkan tanah. Sebagai kotoran binatang boleh digunakan kotoran kerbau, kuda, babi dan lain-lain. Fungsi kotoran binatang dalam campuran batu merah ialah membantu dalam proses pembakaran dengan memberikan panasnya yang lebih tinggi di dalam batu merah.

Air 4 bagian digunakan untuk melunakkan dan merendam tanah. Lempung yang sudah dicampur dengan sekam padi dan kotoran binatang kemudian direndam dengan air ini beberapa waktu lamanya.

Setelah diaduk sampai rata, campuran itu direndam selama satu hari satu malam dan campuran dibersihkan dahulu dari batu-batu kerikil atau bahan lain yang menjadikan kualitas batu merah jelek.
Selanjutnya dilakukan pencetakan di atas tanah yang sudah diberi sekam padi sebagai alas. Biasanya batu merah dicetak dengan menggunakan cetakan dari kayu, akan tetapi bisa juga digunakan cetakan dari baja. Untuk mempermudah lepasnya batu merah yang dicetak, maka bingkai cetakan dibuat lebih besar sedikit ke bawah dan dibasahi dengan air.
Pencetakan batu merah pada umumnya dikerjakan pada musim kemarau, karena pada musim hujan pencetakan ini kurang praktis. Pencetakan dilakukan di tempat yang tidak terlindung dari terik matahari, maksudnya batu merah yang telah dicetak secara langsung disinari oleh matahari dan dengan demikian batu itu lekas kering.

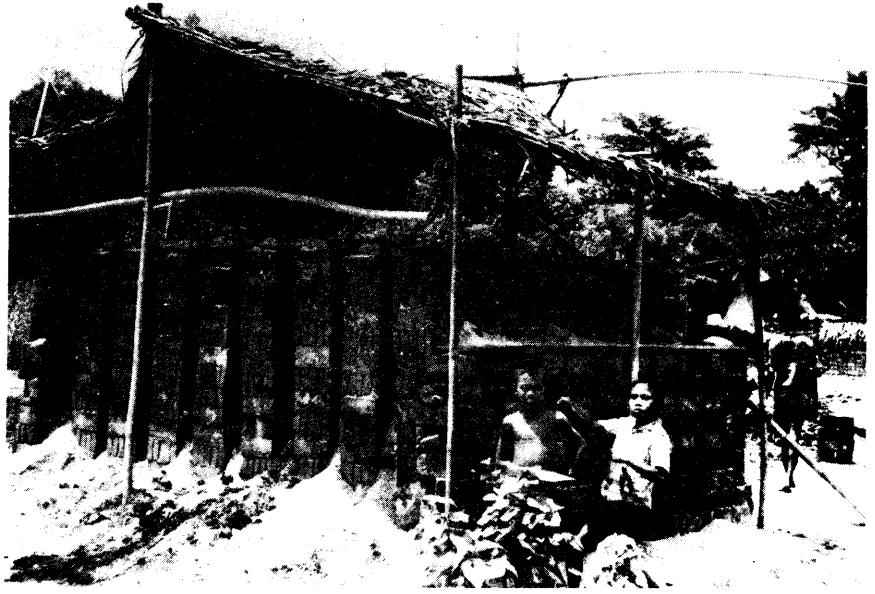
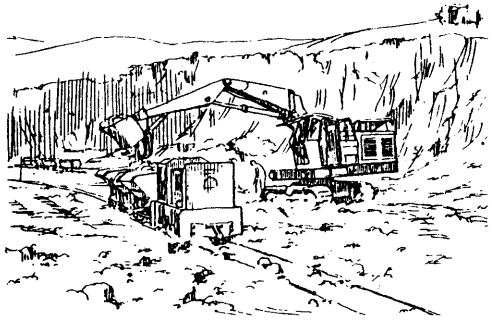


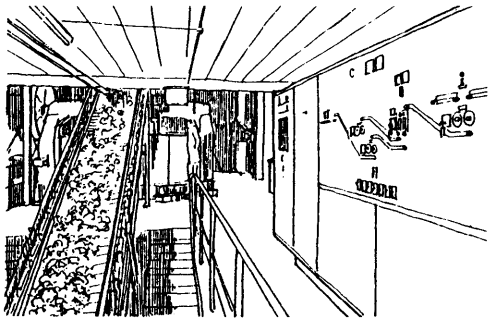
Foto-foto 5.31. Produksi batu merah, dapur lapangan.

Sampai pada proses ini maka batu merah juga disebut batu hijau (batu merah yang masih belum dibakar, yang masih mentah).
Sesudah kekerasan batu hijau mengizinkan, ia dapat dibalik pada sisi yang lain. Setelah beberapa hari batu hijau ini cukup kuat, sehingga dapat ditumpuk dalam susunan setinggi 10 atau 15 batu. Susunan ini diberi perlindungan terhadap sinar matahari dan hujan. Pengeringan ini membutuhkan waktu selama 2 hari s/d 7 hari menurut kelembaban udara dan angin.
Pembakaran batu hijau ini dilakukan setelah batu itu kering dan disusun sedemikian rupa, sehingga berupa suatu gunungan dengan diberi celah-celah lobang untuk memasukkan bahan bakar, seperti terlihat pada foto-foto pada halaman 123.
Sebelum batu bata dibakar, maka pada susunan ini bagian luarnya dilapisi dengan lempung, agar tidak menimbulkan kebakaran pada dapur pembakaran. Penutupan lempung ini harus rapat benar, sehingga masaknya batu merah akan lebih lama. Hasil batu merah yang baik bakarannya, tergantung dari banyaknya batu merah yang dibakar. Kalau yang dibakar sedikit saja, persentase hasil pembakaran lebih banyak. Pada umumnya kerusakan batu merah dalam proses pembakaran sekitar 20 % s/d 30 %.
Sebagai bahan bakar digunakan kayu api dan/atau sekam padi. Karena dapur dibentuk langsung dengan batu merah itu sendiri, maka dapur lapangan ini mudah dipindah-pindahkan.
Pembuatan batu merah 'cara mekanis' yang biasanya dilakukan oleh perusahaan batu merah besar berlaku seperti berikut:

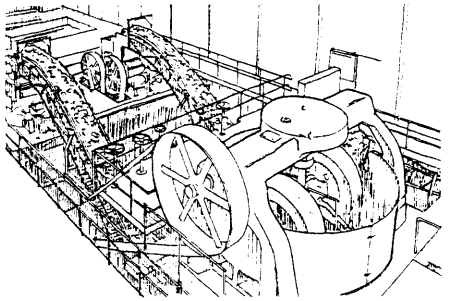


Gambar 5.32.

Penggalian lempung (tanah liat) dilakukan dengan mesin keruk besar pada tempat-tempat dengan sifat-sifat lempung yang cocok. Pada prinsipnya selalu digunakan lempung dari beberapa tempat.
Lempung dari tempat-tempat itu akan dicampur seperti terlihat pada gambar 5.33. di sebelah kiri.

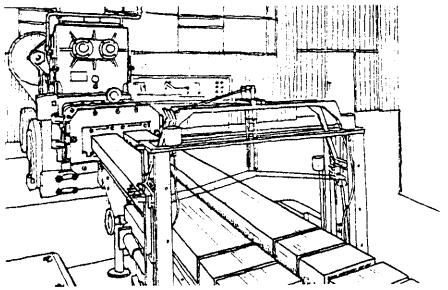


Gambar 5.33.

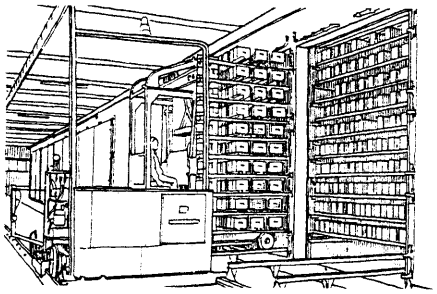


Gambar 5.34.

Kecuali pencampuran lempung dari beberapa tempat, lempung itu juga diambil sedikit-sedikit, digiling dalam penggilingan sehingga halus dan homogin dan kualitas batu merah selalu rata dan dapat terjamin. Pencetakan batu merah dilakukan dengan mesin yang membentuk lubang-lubang di bagian luar (karena itu tidak perlu mencampurkan sekam padi) dan dengan kawat akan memotong panjangnya batu merah seperti terlihat pada gambar 5.35. di sebelah kiri.

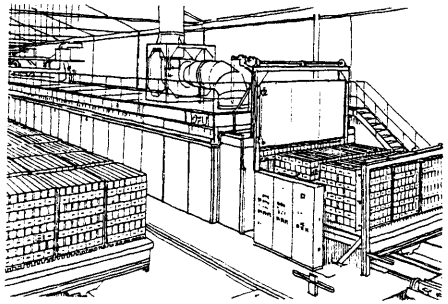


Gambar 5.35.



Gambar 5.36.

Pengeringan batu hijau dilakukan dengan dapur pengeringan. Pembakaran dilakukan di dalam dapur khusus. Pembakaran dengan suhu 1.000° C selama 24 jam memerlukan waktu pemanasan dan pendinginan maksimal 48 jam.
Kerusakan batu merah dalam proses pembakaran boleh dibilang hampir tidak ada.



Gambar 5.37.

Ciri-ciri batu merah yang baik, buatan 'home industry' maupun perusahaan besar ialah:
- Permukaannya kasar
- Warnanya merah seragam (merata)
- Bunyinya nyaring
- Tidak mudah hancur atau patah.

Ukuran-ukuran batu merah ditentukan dan dinyatakan dalam perjanjian antara pembeli dan penjual (pembuat) sebagai ukuran standar seperti berikut:
- panjang 240 mm, lebar 115 mm, tebal 52 mm atau
- panjang 230 mm, lebar 110 mm, tebal 50 mm

Penyimpangan terbesar, dari ukuran-ukuran seperti tersebut di atas ini ialah: untuk panjang maksimal 3 %, lebar maksimal 4 % dan tebal maksimal 5 %. Tetapi antara bata-bata dengan ukuran-ukuran terbesar dan bata-bata dengan ukuran-ukuran terkecil, selisih maksimal yang diperbolehkan ialah: untuk panjang 10 mm, untuk lebar 5 mm dan untuk tebal 4 mm.

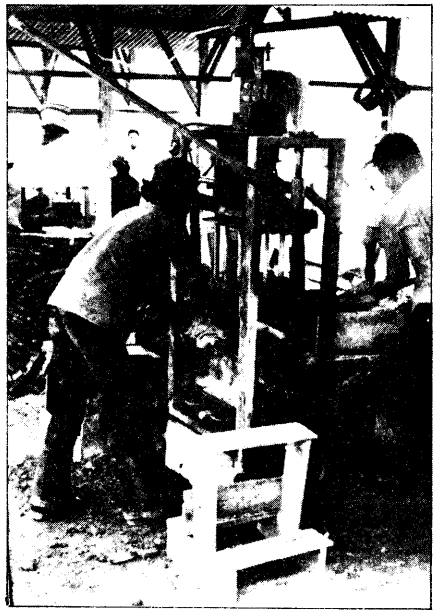
Batu merah dapat dibagi atas tiga tingkat seperti berikut:
Batu merah mutu tingkat I dengan kuat tekan rata-rata lebih besar dari 100 kg/cm² dan ukurannya tidak ada yang menyimpang.
Batu merah mutu tingkat II dengan kuat tekan rata-rata antara 80 kg/cm² dan 100 kg/cm² dan ukurannya menyimpang satu buah dari sepuluh benda percobaan.
Batu merah mutu tingkat III dengan kuat tekan rata-rata antara 60 kg/cm² dan 80 kg/cm² dan ukurannya menyimpang dua buah dari sepuluh benda percobaan.

b) Batu buatan yang tidak dibakar (batako)

Batu buatan atau batu cetak yang tidak dibakar dari tras dan kapur, kadang-kadang juga dengan sedikit semen portland, sudah mulai dikenal oleh masyarakat sebagai bahan bangunan dan sudah pula dipakai untuk pembuatan rumah dan gedung.
Pemakaiannya bila dibandingkan dengan batu merah, terlihat penghematannya dalam beberapa segi, misalnya: per m² luas tembok lebih sedikit jumlah batu yang dibutuhkan, sehingga kuantitatif terdapat penghematan. Terdapat pula penghematan dalam pemakaian adukan sampai 75 %. Beratnya tembok diperingan dengan 50 %, dengan demikian juga pondasinya bisa berkurang. Bentuk batu batako yang bermacam-macam memungkinkan variasi-variasi yang cukup, dan jikalau kualitas batu batako mengizinkan, tembok ini tidak usah diplester dan sudah cukup menarik. Akhirnya batu batako dapat dibuat dengan mudah dengan alat-alat atau mesin yang sederhana dan tidak perlu dibakar. Namun bahan bangunan tersebut masih baru di Indonesia, cara-cara pembuatan, pemakaian pemasangan maupun adukan-adukannya dapat dipelajari dengan seksama.

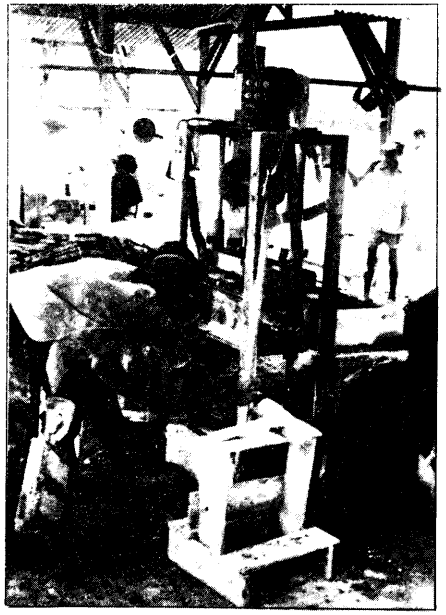
a

b



c

d



e

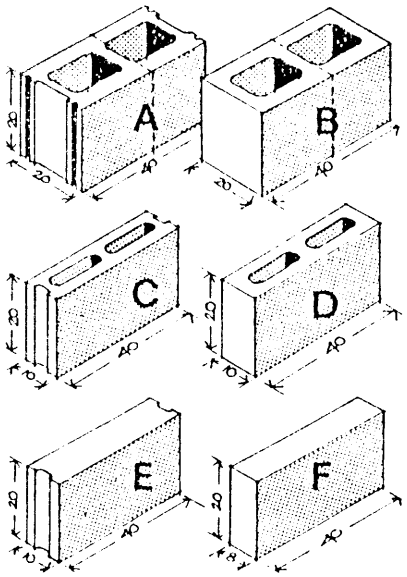
Foto-foto pembuatan batu batako.

Gambar 5.38.

Batu batako pada umumnya dibuat dari tras dan kapur dengan perbandingan 5 :1 jika kualitas tras cukup baik, jika perlu ditambah dengan sedikit semen portland, diaduk sebaik-baiknya dalam keadaan kering. Tempat pembuatan adukan harus bersih dan mempunyai atap. Sebagai dasar tempat mengaduk harus dipakai bahan yang dapat menjaga agar bahan adukan tidak bercampur dengan tanah. Kemudian adukan yang kering diaduk dengan air secukupnya. Untuk mengetahui kadar air dari suatu adukan dibuat bola-bola adukan, yang digenggam-genggam pada telapak tangan. Apabila bola adukan dijatuhkan hanya sedikit berubah bentuknya, maka kandungan air dalam adukan itu terlalu banyak, dan bila dilihat telapak tangan tidak berbekas air, maka kadar air adukan tersebut kurang.

Jikalau kadar air tercapai dengan tepat, perataan dapat dimulai. Batu-batu yang baru dicetak disimpan dalam los agar terhindar dari panas matahari maupun air hujan, kemudian diletakkan berderet di rak. Jangan ditimbun.

Masa perawatan 3 hari s/d 5 hari, guna memperoleh pengeringan dan kemantapan bentuk. Biarkan masih dalam los dan biarkan selama 3 minggu s/d 4 minggu untuk memperoleh proses pengerasan. Di samping itu diusahakan agar di tempat sekitarnya udara tetap lembab.



Ukuran-ukuran batu batako ditentukan sebagai berikut:

A) panjang 40 cm, lebar 20 cm, tinggi 20 cm, berlubang, untuk dinding luar.

B) panjang 40 cm, lebar 20 cm, tinggi 20 cm, berlubang, batu khusus sebagai penutup pada sudut-sudut dan pertemuan-pertemuan.

C) panjang 40 cm, lebar 10 cm, tinggi 20 cm, berlubang, untuk dinding pengisi dengan tebal 10 cm.

D) panjang 40 cm, lebar 10 cm, tinggi 20 cm, berlubang, batu khusus sebagai penutup pada dinding pengisi.

E) panjang 40 cm, lebar 10 cm, tinggi 20 cm, tidak berlubang, batu khusus untuk dinding pengisi dan/atau pemikul sebagai hubungan-hubungan sudut dan pertemuan.

F) panjang 40 cm, lebar 8 cm, tinggi 20 cm, tidak berlubang, batu khusus untuk dinding pengisi.

c) Bahan-bahan perekat pada lepa (mortar)

I. Semen portland:

Pembuatan semen portland telah dibicarakan pada bab 5.2.1. (Pembuatan semen portland) dan karena itu dalam bab ini tidak perlu diperhatikan lagi.

II. Semen merah:

Semen merah sebenarnya berasal dari batu merah yang digiling atau ditumbuk halus. Berdasarkan susunan kimia, semen merah bereaksi asam sebab terdiri dari oksida-oksida asam seperti Si O_2 dan alumina. Semen merah bila dicampur dengan kapur dan air akan mengeras. Hal ini kiranya karena bahan tersebut mengandung silika amorf di dalam mineral-mineralnya yang membentuk senyawa kalsium hidro-silikat.

Reaksi diduga sebagai berikut:

$Ca(OH)_2 + Si\ O_2 + (n\text{-}1)H_2O$ menjadi $Ca\ O\ Si\ O_2\ n\ H_2O$

Di samping itu juga terjadi antara reaksi alumina dengan kapur dan air membentuk senyawa kalsium hidroaluminat sebagai berikut:

$Ca(OH)_2 + Al_2O_3 + SH_2O$ menjadi $CaO\ Al_2O_3\ 6H_2O$

Semen merah biasanya dibuat dari batu merah yang pecah pada waktu pembakaran kemudian digiling pada pabrik atau ditumbuk oleh orang pedesaan.

Semen merah biasanya digunakan sebagai campuran lepa, misalnya dengan campuran; 1 bagian semen merah : 1 bagian kapur : 3 bagian pasir. Para pembuat semen merah harus memperhatikan peraturan tras dan semen merah Indonesia NI-20

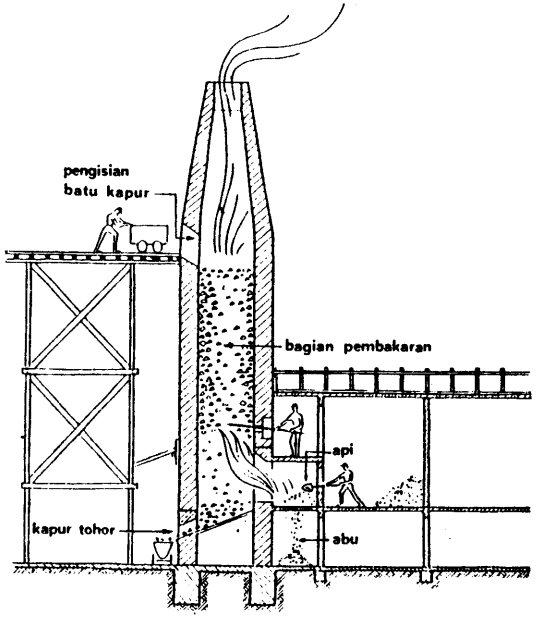
III. Kapur:

Di Indonesia terdapat beberapa batuan yang mengandung senyawa karbonat, antara lain: batu kapur, batu kapur kerang dan batu kapur magnesia.

Daripadanya dapat dihasilkan kapur untuk bahan bangunan. Sebagian besar dari batu-batuan ini terdapat dalam bentuk senyawa kalsium karbonat ($CaCO_3$), tersebar hampir di seluruh kepulauan Indonesia.

Di beberapa daerah batu kapur terdapat dalam bentuk batu kapur kerang dan batu kapur Indonesia.

Karena bermacam-macam cara pembakaran dan pemadamannya, maka terdapatlah bermacam-macam mutu kapur tohor dan kapur padam. Pembakaran pada umumnya dilakukan dalam dapur-dapur ladang (field kilns) dan dapur-dapur cemuk (shaft kilns) dengan kayu sebagai bahan bakar.



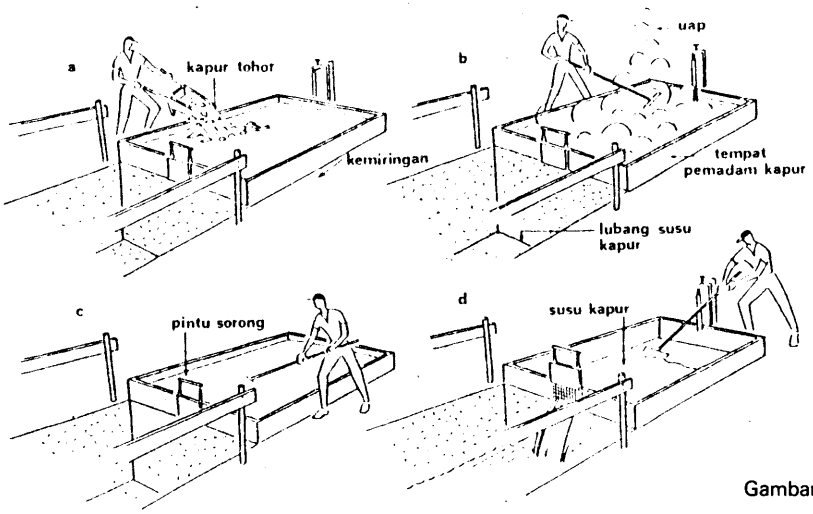
Gambar pembakaran batu kapur dengan dapur cemuk

Gambar 5.40.

Dengan bakaran batu kapur kita menarik CO_2 dari batu kapur sehingga menjadi kapur tohor. Dalam bahasa kimia kita dapatkan proses sebagai berikut:

dalam pembakaran:	$CaCo_3$	+	panas	=	Cao + CO_2
	batu kapur	+	api	=	kapur tohor + asam arang (hilang dengan asap)
pada pemadaman:	CaO	+	H_2O	=	$Ca(OH)_2$
	kapur tohor	+	air	=	kapur padam
pada pengerasan:	$Ca(OH)_2$	+	CO_2	=	$CaCO_3$ + H_2O
	kapur padam	+	asam arang	=	batu kapur + air yang menguap

Pemadaman dapat dilakukan dengan cara pemadaman basah seperti dapat dipelajari pada gambar-gambar berikut:



Gambar 5.41.

Bila susu kapur tinggal lama dalam lekukan yang digali, maka hasilnya akan menjadi lunak dan halus. Di Indonesia pemadaman basah ini agak jarang dilakukan.
Jikalau pemadaman dilakukan dengan cara pemadaman kering yang sangat sederhana, yaitu dengan jalan menyiramkan air kepada kapur tohor yang ditebarkan di atas lantai. Banyaknya air yang disiramkan tidak dapat diketahui dengan pasti; kadang-kadang sebagian terlalu banyak air dan sebagian lagi kurang.
Berhubungan dengan pengolahan seperti di atas tadi, maka didapatkan kapur padam dengan mutu yang sangat berbeda-beda. Hasil kapur padam ini dipergunakan dalam bangunan-bangunan sebagai kapur pasangan, kapur aduk penerap (plester), kapur pemutih dan lain-lain lagi. Kapur tohor dijual dalam kaleng-kaleng tertutup, sedangkan kapur padam dijual dalam keadaan tidak terbungkus.
Kualitas kapur di Indonesia harus memenuhi syarat-syarat untuk kapur bahan bangunan Indonesia NI-7. Standar ini dimaksudkan untuk memberikan manfaat yang sebesar-besarnya kepada pemakai dan pengusaha kapur untuk bahan bangunan dengan penjelasan mengenai cara-cara pengujian dan pembagian tingkat mutunya.
Sebagai bahan bangunan kita membedakan kapur di Indonesia atas:
Kapur tohor adalah hasil bakaran dari batu kapur atau batu alam lain pada suatu suhu sedemikian rupa, sehingga jika diberi air dapat terpadamkan (dapat bersenyawa dengan air membentuk hidrat).
Kapur padam adalah hasil pemadaman kapur tohor (adalah kapur tohor yang telah bersenyawa dengan air dan membentuk hidrat).
Kapur udara adalah kapur padam, yang apabila diaduk dengan air setelah beberapa

waktu, hanya dapat mengeras di udara karena pengikatan karbon dioksida (CO_2).
Kapur hidraulis adalah kapur padam, yang apabila diaduk dengan air setelah beberapa waktu dapat mengeras, baik di dalam air maupun di udara.
Kapur magnesia adalah kapur yang mengandung ≥ 5 % magnesium oksida (MgO) dihitung dari contoh kapur yang dipijarkan.

d) Pengadukan lepa (mortar)

Jikalau kita sudah mengetahui bahan-bahan perekat pada lepa, maka tinggal diperhatikan bahan tambahan, yaitu pada pengadukan lepa biasanya pasir. Pasir yang digunakan mempunyai garis-tengah butir sebesar 0,2 mm s/d 3 mm. Pasir harus bebas dari tanah, lempung atau bahan organis, dan terdiri sebagian besar dari kuarsa. Kita bedakan kemudian antara pasir kali dan pasir buatan yang dibuat dengan gilingan batu.
Air yang digunakan untuk mencampur lepa harus memenuhi syarat yang telah kita tentukan pada bab 5.2.2 (Pengetahuan dasar tentang beton).
Keperluan/banyaknya bahan-bahan perekat dan bahan tambahan untuk lepa (mortar) dan plester (sebagai lapisan dinding) dapat dilihat pada tabel berikut:

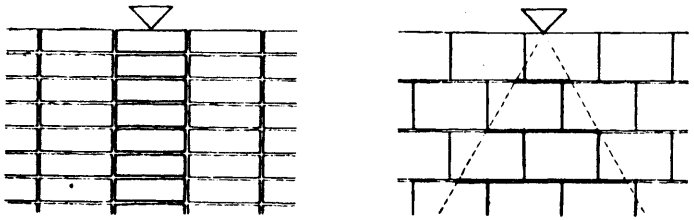
Tabel dengan macam-macam lepa dan plester dan keperluan bahan

Lepa yang digunakan untuk:	banyaknya bahan-bahan dalam bagian volumina				
	pasir	tras	kapur	semen merah	semen portland
Pondasi batu kali yang besar	1		1	1	
Pondasi batu kali pada rumah biasa	2		1	1	
atau	3	1	1		
Pondasi batu kali pada rumah rakyat	3		1	1	
atau	5	1	1,5		
atau		5	1		
Dinding rumah	4		3	2	
atau	6		1		0,5
atau	4		0,5		1
Plester yang digunakan untuk:					
Dinding lama, dinding baru	2		1		
Dinding baru	1		1	1	
atau	3	1	1		
untuk lantai	2				1
atau	3				1
untuk anyaman kawat	4				1
untuk anyaman bambu, dekat laut	4	1			1

5. 3. 2. Aturan batu buatan

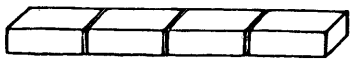
a) Aturan batu buatan yang dibakar (batu merah)

Dengan aturan batu merah kita menghubungkan batu merah masing-masing bersama lepa menjadi suatu kesatuan yang juga dapat menerima beban. Siar-siar vertikal selalu diusahakan agar tidak merupakan satu garis, harus bersilang, seperti terlihat pada gambar berikut. Siar vertikal pada umumnya kita pilih sebesar 1 cm dan siar horisontal setebal 1,5 cm.



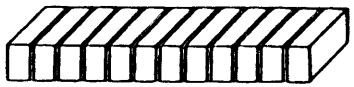
Gambar 5.42.

Di dalam aturan batu buatan cara masing-masing mempunyai sifat dan nama khusus, yang kita bagi atas dua golongan, yaitu dalam lapisan dan dalam pengaturan. Lapisan-lapisan batu buatan kita bagi atas tiga macam, yaitu: lapisan memanjang (gambar 5.43.), lapisan melintang (gambar 5.44.) dan lapisan melintang berdiri (gambar 5.45.) seperti terlihat pada gambar-gambar tersebut.



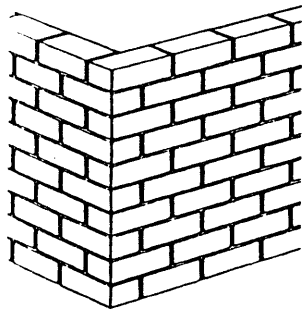
Gambar 5.43.

Gambar 5.44.

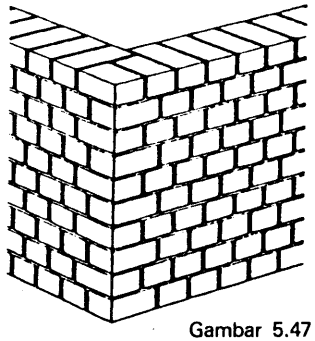


Gambar 5.45.

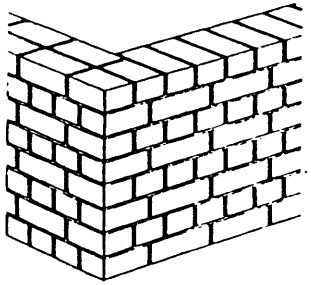
Jikalau kita membedakan pengaturannya, maka digambar dalam rangka buku ini enam kemungkinan, yaitu: aturan batu memanjang (½ batu) pada tebalnya dinding 11 cm atau 11,5 cm (gambar 5.46.), aturan batu melintang (gambar 5.47.), aturan batu memanjang-melintang bersilang (staand) (gambar 5.48.), aturan batu memalang (silang) (gambar 5.49.), aturan batu Belanda (gambar 5.50.), dan aturan batu Gothik (vlaams) (gambar 5.51.), semuanya pada tebal dinding 23 cm atau 24 cm.



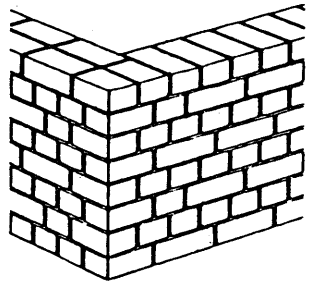
Gambar 5.46.



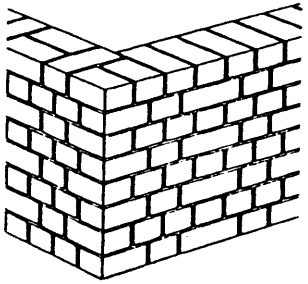
Gambar 5.47.



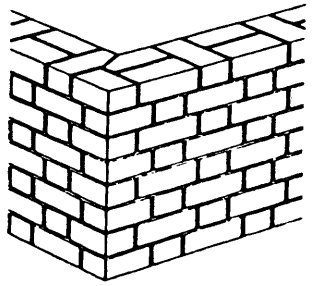
Gambar 5.48.



Gambar 5.49.

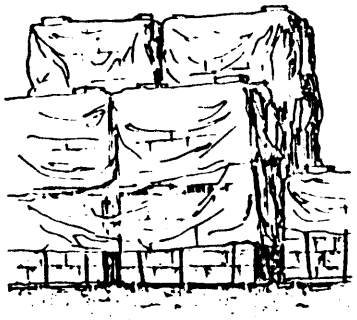


Gambar 5.50.

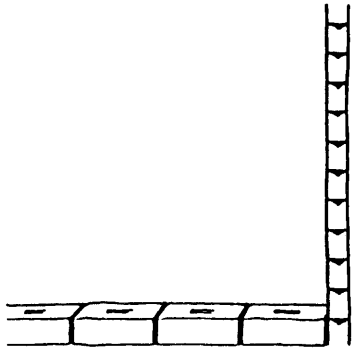


Gambar 5.51.

Pada pemakaian batu merah diperhatikan hal-hal berikut dengan khusus:

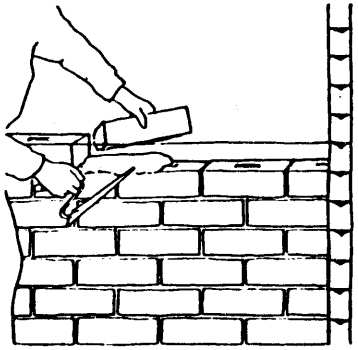


Gambar 5.52.

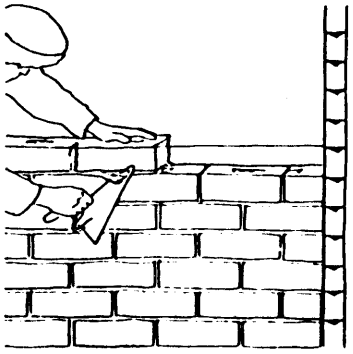


Gambar 5.53.

Batu buatan selalu harus disimpan dalam keadaan cukup kering. Bila tidak ada bangsal, maka dilindungi dengan plastik terhadap air hujan. Baru pada pemasangan perlu dibasahi lebih dahulu atau direndam sebentar di dalam air. Sesudah lapisan pertama pada lantai atau pondasi dipasang, maka disiapkan papan mistar yang menentukan tinggi lapisan masing-masing, sehingga dapat diatur seragam.



Gambar 5.54.

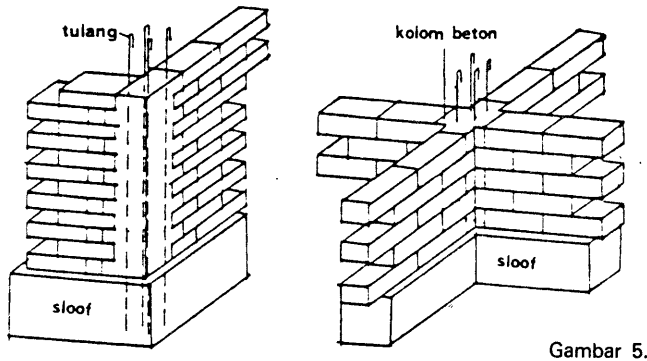


Gambar 5.55.

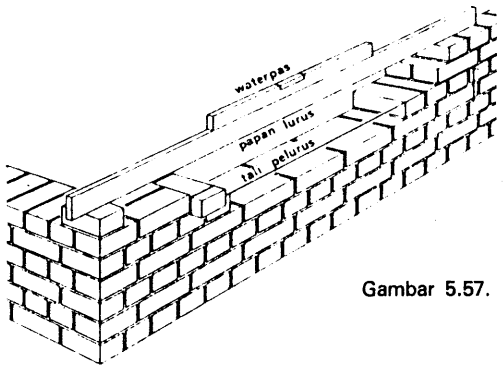
Kemudian untuk lapisan kedua dan yang berikutnya pada batu masing-masing diletakkan lepa pada dinding yang sudah didirikan untuk siar yang horisontal dan pada batu merah yang akan dipasang pada sisi sebagai siar vertikal. Sekarang batu merah dipasang menurut tali yang telah dipasang menurut papan mistar sampai batu merah duduk rapat dan tepat. Dengan sendok adukan dipotong lepa yang tertekan

keluar siar-siar untuk digunakan langsung untuk batu merah berikutnya. Pada musim hujan dinding-dinding batu merah selalu harus dilindungi terhadap air hujan, jikalau lepa belum kering.

Dinding pasangan batu merah terbanyak digunakan. Tetapi batu merah di Indonesia sifatnya sering kurang keras dan padat, bila dibandingkan dengan batu merah yang dibuat di Eropa dan sebagainya. Hal ini disebabkan oleh bahan dasar dan cara pembuatan yang masih sering sangat sederhana. Karena itu, untuk menambah keawetan terhadap pengaruh-pengaruh iklim dan memperkuat ikatan, maka terutama dinding batu merah dengan tebal 11 cm atau 11,5 cm (karena tipisnya dinding terlalu lemah untuk menahan gaya tekan vertikal dan gaya horisontal atau gaya gempa) diperkuat dengan rangka pengkaku yang terdiri dari kolom atau balok beton bertulang setiap luas tembok 12.00 m^2. Ukuran tebal kolom atau balok beton itu diambil sama dengan tebal dinding, agar dinding kemudian rata dan bersih. Lebarnya kolom itu berbeda-beda karena bergigi dengan batu merah dinding, walaupun minimal harus sama dengan tebalnya. Kolom beton bertulang ini selalu dipasang di sudut-sudut, ptemuan dan persilangan dinding, dan pada jarak antara kira-kira 3,00 m, seperti juga terlihat pada gambar berikut:

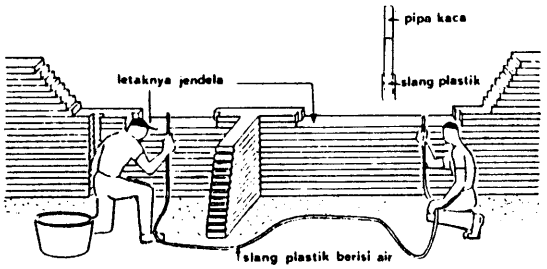


Gambar 5.56.



Gambar 5.57.

Selain dari papan mistar untuk menjaga tingginya lapisan batu merah masing-masing diperlukan juga anting sehingga dinding berdiri sejajar anting dan waterpas untuk menjaga kehorisontalan dinding batu merah seperti terlihat pada gambar sebelah kiri.

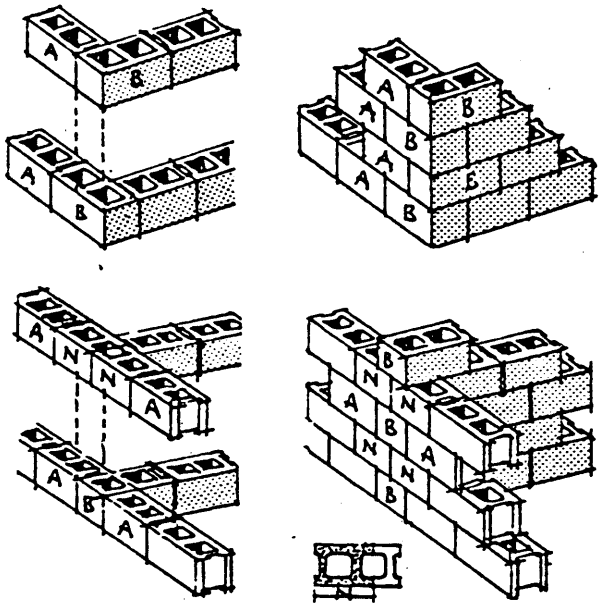


Gambar 5.58.

Jikalau suatu dinding terlalu panjang untuk menggunakan sebuah waterpas atau kalau kita tidak dapat melihat dari satu ujung dinding ke ujung lainnya, maka juga dapat dipakai suatu slang plastik yang diisi dengan air dan yang dihubungkan dengan dua pipa kaca pendek pada ujungnya. Penggunaannya dapat dilihat pada gambar 5.58 di atas.

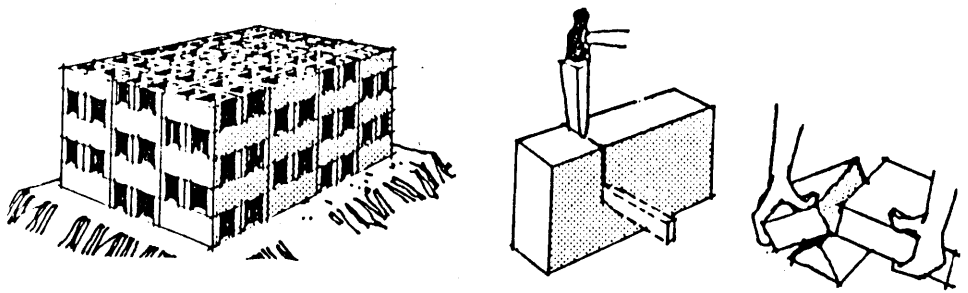
b) Aturan batu buatan yang tidak dibakar (batako)

Aturan batu buatan yang tidak dibakar (batako) sebenarnya tidak berbeda dengan aturan batu merah. Pada prinsipnya kita menggunakan aturan batu memanjang seperti dilihat pada gambar-gambar berikut:



Gambar 5.59.

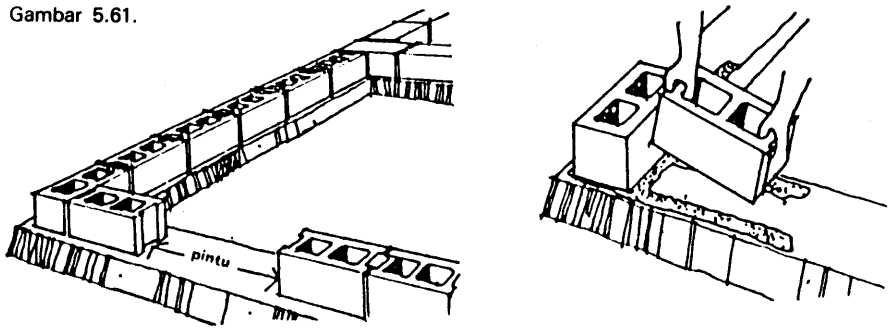
Pada pemakaian batu batako diperhatikan hal-hal berikut dengan khusus:



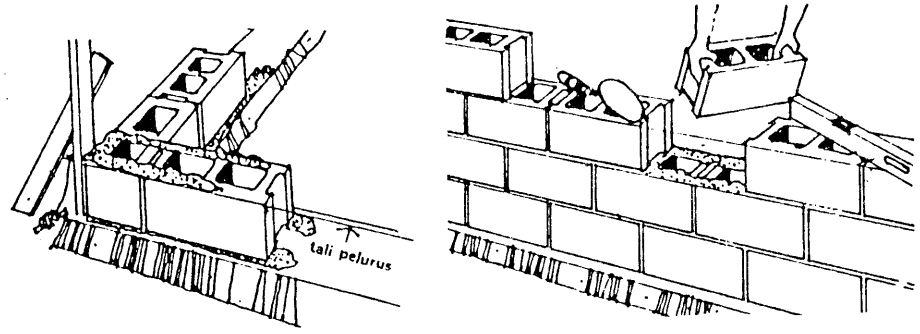
Gambar 5.60.

Batu batako harus disimpan selalu dalam keadaan cukup kering. Bila tidak ada bangsal, maka dilindungi dengan plastik terhadap air hujan. Penyusunan batu cetak sebelum dipakai cukup setinggi lima lapis yang juga memudahkan pengambilan. Pada pemasangan tidak perlu dibasahi terlebih dahulu, serta tidak boleh direndam air. Untuk pemotongan batu batako dipergunakan palu dan tatah (membuat goresan pada batu) sesudahnya dipatahkan pada batu/kayu yang lancip.

Gambar 5.61.



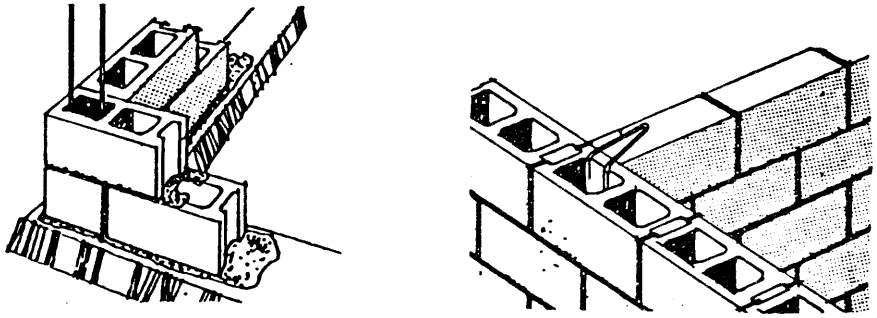
Sebelum dimulai pemasangan, batu-batu batako diatur lebih dahulu di tepi atau di atas pondasi (rolag), agar tidak ada kelebihan atau kekurangan batu. Pada letak pintu-pintu juga diberi tanda. Kemudian dimulai dengan pemasangan batu batako pertama dari sudut-sudut bangunan dan berakhir di tengah-tengah.



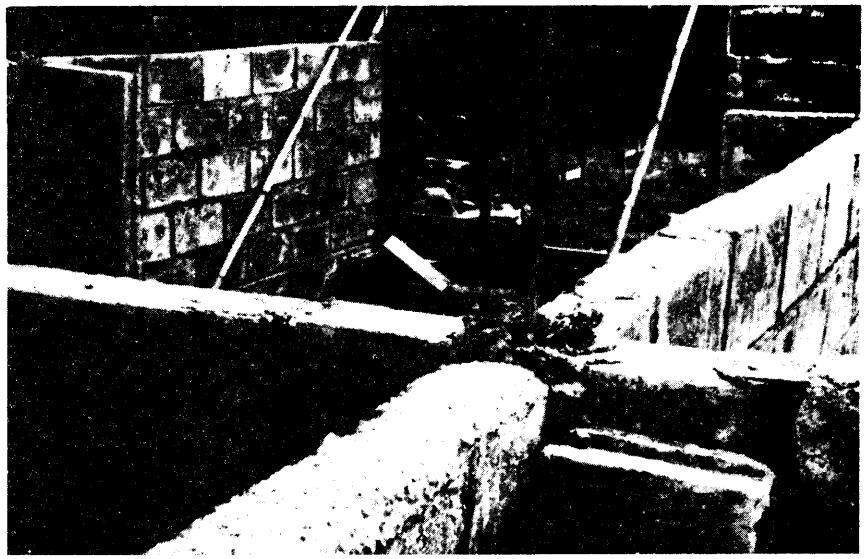
Gambar 5.62.

Pada sudut bangunan masing-masing diberi papan mistar yang menentukan tinggi-nya lapisan masing-masing, sehingga pada tiap-tiap pemasangan lapisan dapat diberi tali pelurus. Pemasangan batu batako terakhir selalu di tengah-tengah.

Untuk memperkuat dinding batu batako juga digunakan rangka pengkaku yang ter-diri dari kolom atau balok beton bertulang yang dicor di dalam lubang-lubang batu batako. Kolom beton ini selalu dipasang di sudut-sudut, pertemuan dan persilangan dinding seperti terlihat pada gambar-gambar dan foto-foto berikut. Jikalau dinding bersilangan salah satu dinding terdiri dari batu batako yang tidak berlubang, maka digunakan angker besi beton 3/8" menurut gambar 5.63. kanan.



Gambar 5.63.



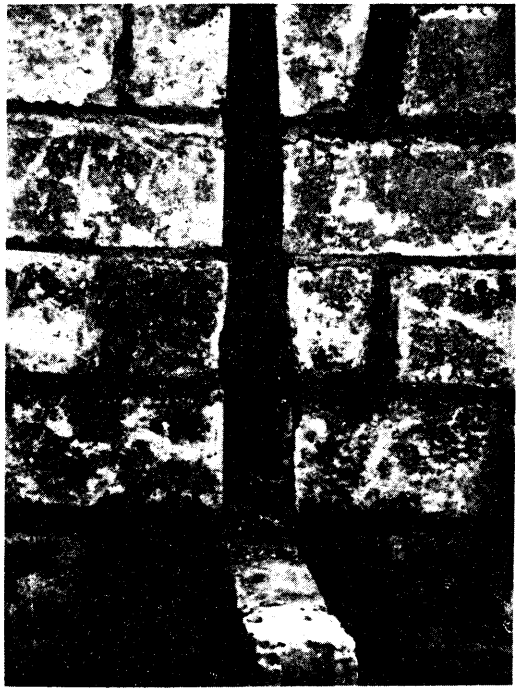
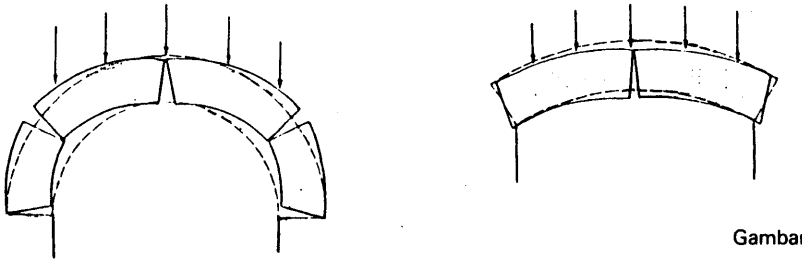


Foto-foto pemasangan sudut pada dinding batu batako

5. 3. 3. Pembuatan lubang jendela busur dan segiempat

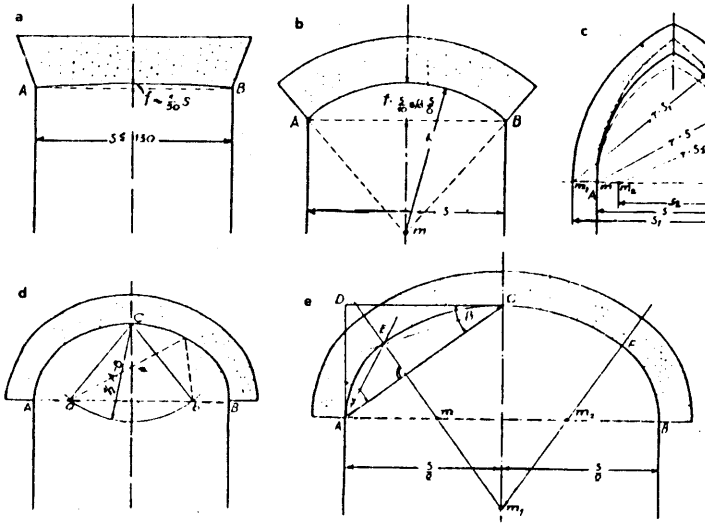
Arti dan guna busur adalah pembatasan lubang jendela atau pintu ke atas dan mendukung konstruksi bangunan dengan menerima tekanan. Pada konstruksi dinding batu alam atau batu buatan, sebenarnya juga pada lubang jendela dan pintu yang segiempat, bagian atas dibatasi dengan semacam busur, hanya tinggi busur menjadi nol atau hampir nol. Nama bagian busur masing-masing telah diuraikan pada bab 5.1.5. (Pembuatan lubang jendela busur dan segiempat dalam konstruksi batu alam).

Jikalau suatu busur menerima gaya tekan yang terlalu besar, maka busur itu akan patah seperti terlihat pada gambar 5.64. berikut. Gambar ini penting karena memperlihatkan bagian-bagian busur yang bisa berbahaya.



Gambar 5.64.

Macam-macam konstruksi busur diperlihatkan pada gambar berikut tanpa memberi tambahan penjelasan tentang ilmu ukur dan sebagainya.

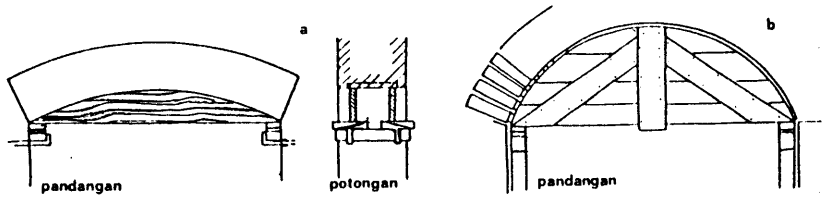


Gambar 5.65.

a) busur lurus, b) busur tembereng, c) busur kemuncak jikalau r = s, busur kemuncak lancip jikalau r > s dan busur kemuncak buntak jikalau r < s, d) busur elips, e) busur elips.

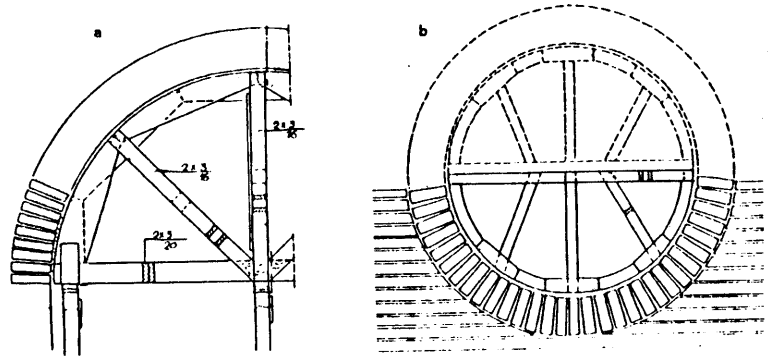
Pada konstruksi dinding dengan batu buatan biasanya kita menggunakan suatu lapisan batu melintang berdiri. Harus diperhatikan, bahwa tebalnya siar-siar tidak boleh kurang dari 5 mm dan tidak boleh melebihi 20 mm. Semua konstruksi busur dalam konstruksi batu buatan memerlukan suatu bekisting pada waktu pembuatan, sampai lepa (perekat) cukup kering dan kuat.

Konstruksi bekisting kita perhatikan atas dasar gambar-gambar berikut:



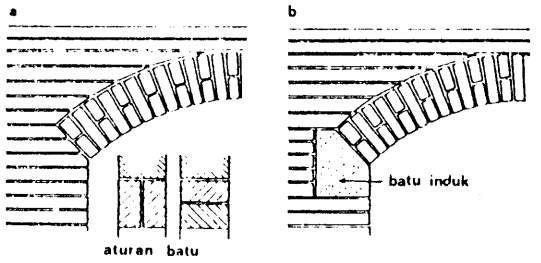
Gambar 5.66.

Pada konstruksi busur lurus dan busur tembereng yang agak rendah biasanya kita hanya memasang dua papan yang dipotong menurut busur yang dihendaki. Jikalau busur tembereng agak tinggi, maka dibuat dua bidang papan kayu yang diperkuat seperti terlihat pada gambar 5.66.b di atas.

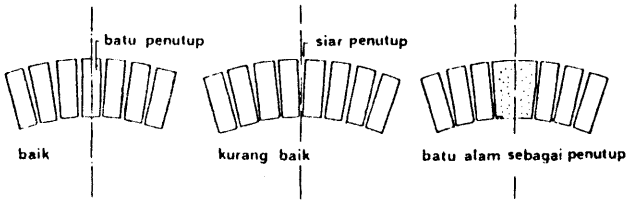


Gambar 5.67.

Pada konstruksi busur lingkaran atau setengah lingkaran digunakan konstruksi-konstruksi kayu seperti terlihat pada gambar 5.67. di atas.
Sebagai induk konstruksi busur bisa digunakan konstruksi dinding batu buatan atau suatu batu alam yang bertarah menurut ukuran yang diperlukan. Jikalau kita memilih suatu batu induk dari batu alam, biasanya juga pada puncak busur dipasangkan suatu batu bertarah. Tetapi kalau kita memilih konstruksi seluruh batu buatan, maka juga sebagai batu puncak dipilih batu buatan. Harus diperhatikan agar selalu di pertengahan busur diadakan suatu batu puncak dan bukan suatu siar saja.



Gambar 5.68.



Gambar 5.69.

5. 4. Pelapis Dinding

Pelapis dinding dengan batu alam, batu buatan atau pelat keramik memenuhi syarat estetik, pelindungan konstruksi dinding terhadap cuaca dan penghematan ongkos-ongkos pemeliharaan.
Pelapis dinding bertugas seperti turap dan tidak boleh menerima beban atau gaya-gaya statis yang lain. Sebaiknya pelapis dinding dibuat sedemikian rupa, sehingga terlihat sebagai pelapis dinding dan bukan misalnya sebagai dinding batu alam palsu.

5. 4. 1. Pelapis dinding batu alam

Karena konstruksi dinding batu alam agak mahal dan memakan banyak tempat karena tebalnya dinding besar, maka sering juga kita hanya menggunakan suatu lapisan dinding batu alam. Konstruksi lapisan dinding dengan batu alam kita bedakan atas dua cara, yaitu: a) pemasangan lapisan dinding batu alam rapat pada dinding dan b) pemasangan lapisan dinding batu alam yang diperanginkan.

a) Pemasangan lapisan dinding batu alam rapat pada dinding

Cara yang biasa dilakukan di Indonesia ini bukan merupakan hal yang sulit, akan tetapi dinding dasar yang biasanya terdiri dari batu merah harus cukup kering dan tidak bergerak lagi. Ini berarti bahwa dinding dasar harus berumur paling sedikit enam minggu sehingga lapisan dinding batu alam tidak mengalami retak-retak.
Sebagai bahan lapisan dinding batu alam digunakan batu alam yang mudah dapat berkeping. Pelat batu tidak boleh terlalu besar dan terlalu tebal.

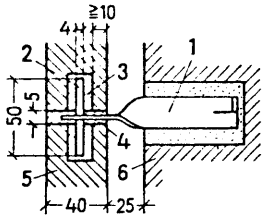
Lepa (mortar) yang digunakan sebaiknya dicampur kapur sehingga lebih elastis daripada lepa dengan semen portland saja yang agak kaku dan mudah retak. Campuran boleh dipilih menurut tabel berikut:

Tabel campuran lepa

Campuran lepa	dalam bagian volume			ketahanan (kg/cm²) sesudah	
	semen portland	kapur	pasir	7 hari	22 hari
semen-kapur	1	1,5	10	18	30
	1	1,5	8	24	40
	1	1,5	6	30	50
	1	2	6	32	55
semen portland	2		7	100	140
	1		3	140	200
	2		5	180	250
	1		2	210	300
kapur		1	4	4	8
		1	3	5	10
		2	5	7	14

b) Pemasangan lapisan dinding batu alam yang diperanginkan

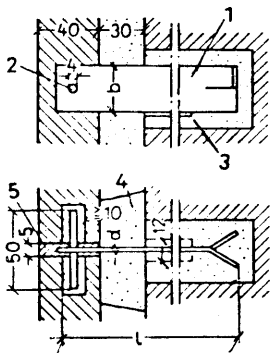
Cara ini yang agak sulit dan mahal pelaksanaannya, tetapi merupakan cara yang paling baik, terutama bagi batu alam yang digergaji dan dipolis seperti marmer dan sebagainya. Pelat batu alam harus dipasang dengan selisih paling sedikit 2 cm dari dinding dasar. Pada sebelah bawah dan atas dinding selisih ini harus ada hubungan dengan udara luar sehingga udara di belakang pelat dinding batu alam dapat bergerak. Luasnya lubang perhubungan udara ini sebaiknya dipilih sebesar 1 % s/d 3 %, dari luasnya dinding seluruhnya.
Pemasangan pelat dinding batu alam dilakukan dengan angker. Karena angker ini mendukung seluruh lapisan dinding, maka harus dipilih besi yang cukup kuat dan tidak mudah berkarat, biasanya stainless-steel. Angker ini harus dipasang dengan adukan semen portland pada dinding dasar. Pasak plastik (Fischer) dilarang karena tidak tahan api.



Gambar 5.70.

Angker pemegang (paling sedikit dua per pelat dinding batu alam)

1 Angker pemegang dari stainless-steel dipasang dengan adukan plester semen portland
2 Duri angker
3 Plester yang halus sekali (semen portland-kapur)



Gambar 5.71.

4 Plester isian siar dengan adukan 1 bagian semen portland : ½ bagian kapur : 4 bagian pasir dengan tebalnya minimal 5 mm
5 Pelat lapisan dinding batu alam
6 Dinding dasar

Angker pendukung (paling sedikit dua per pelat dinding batu alam)

1 Angker pendukung dari stainless-steel strip yang berdiri dipasang dengan adukan plester semen portland
2 Duri yang melintang ø 4 mm s/d ø 6 mm, panjangnya 50 mm s/d 70 mm
3 Pelat tekanan yang dilas pada angker (luasnya harus dihitung menurut ukuran dan beratnya pelat dinding batu alam)
4 Plester dengan adukan ½ bagian semen portland : 1 bagian kapur : 6 bagian kapur sebesar ø 10 cm
5 Siar selebar paling sedikit 5 mm

Harus diperhatikan, bahwa tiap-tiap pelat lapisan dinding batu alam harus dipasang dengan 4 angker (dua angker pemegang dan dua angker pendukung). Lubang-lubang untuk duri yang melintang harus dibor pada pelat batu alam paling sedikit 4 mm lebih besar daripada duri yang dipasang pada angker.
Dalamnya duri minimal 25 mm.

5. 4. 2. Pelapis dinding batu buatan

Cara pemasangan pelapis dinding sebenarnya tidak berbeda, apakah dibuat dari pelat batu alam atau pelat batu buatan. Juga pada pelat batu buatan dapat dibedakan antara pemasangan lapisan dinding batu buatan rapat pada dinding dan yang diperanginkan. Akan tetapi seperti telah dikatakan secara konstruktif tidak ada bedanya.

5. 4. 3. Pelapis dinding dengan pelat keramik

Jikalau kita memilih pelat keramik sebagai pelapis dinding, kita hanya mempunyai satu kemungkinan pemasangan, yaitu cara pemasangan rapat pada dinding dengan lepa. Pembuatan dan campuran lepa telah dibicarakan pada bab 5.4.1.a. (Pemasangan lapisan dinding batu alam rapat pada dinding).

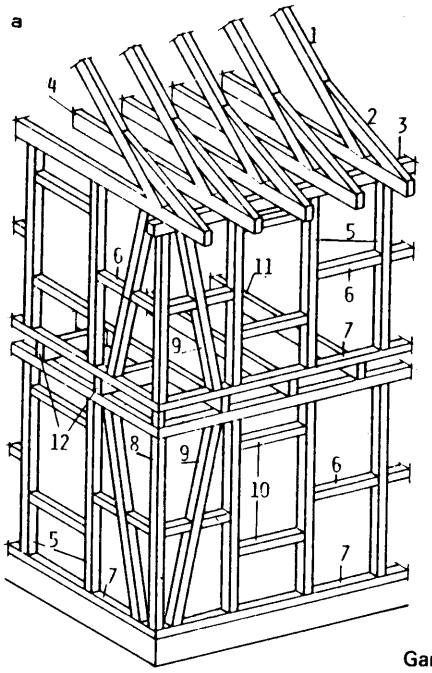
5. 5. Konstruksi Bangunan Rangka

5. 5. 1. Konstruksi bangunan rangka kayu

Perkembangan konstruksi bangunan rangka kayu dari masa yang lalu sampai masa sekarang, termasuk sistem-sistem bangunan industrial, tercapai dalam waktu ratusan tahun. Tidak ada konstruksi bangunan lain yang dapat diperhatikan perkembangannya secara terus-menerus dari permulaan sampai sekarang, selain cara pertukangan dengan tangan hingga cara masinal yang modern. Dalam hubungan ini konstruksi bangunan rangka kayu ialah bentuk dasar (prototype) suatu bangunan pre-fabricated dan bangunan rangka.
Konstruksi bangunan rangka kayu kita bagi atas dua golongan menurut pembangunan, yaitu: konstruksi rangka-rangka tersusun dengan pembangunan konstruksi dinding setingkat demi setingkat berkonstruksi biasanya dengan balok-balok dan konstruksi rangka-rangka terusan dengan pembangunan konstruksi dinding dengan tiang-tiang yang menembus melalui semua tingkat bangunan berkonstruksi biasanya dengan papan-papan.

a) Konstruksi rangka-rangka tersusun

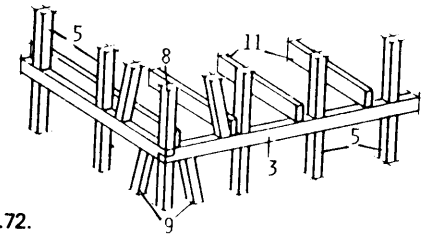
a



a) Konstruksi rangka-rangka tersusun yang tradisional

1 Kasau
2 Tambahan kasau miring
3 Peran dinding
4 Balok loteng
5 Tiang
6 Palang
7 Bantalan
8 Tiang sudut
9 Kuda penopang
10 Palang (ambang jendela)
11 Balok loteng
12 Balok loteng ekor

b) Detail konstruksi rangka-rangka tersusun yang modern.



Gambar 5.72.

Penyusunan konstruksi rangka-rangka tersusun:

I. Kayu yang melintang:

Bantalan: ke bawah membatasi dinding dan menumpunya. Bebannya akan disalurkan pada kaki pondasi atau kepala balok. Oleh sebab itu bantalan harus seluruhnya bertumpu dan cukup kuat. Bantalan pada dinding batu buatan atau beton harus dikuatkan letaknya dengan baut angker yang ditanamkan di dalam dinding, dan pada kepala balok disambung dengan baut. Kalau bantalan itu tidak cukup panjang untuk seluruh dinding, maka bisa disambung. Sambungan dengan ditakik separuh, lihat gambar 5.73.a. Sambungan bantalan pada sudut-sudut diperlihatkan oleh gambar 5.73.a. s/d f. Bantalan itu sebaiknya dibuat dari kayu Ulin atau kayu Jati, untuk menghindarkan kerusakan oleh kelembaban/air naik.

Peran: yang dinamakan peran atau gording ialah bagian atas penutup dinding (peran dinding), yang mendukung seluruh beban loteng dan atap. Pada bangunan yang bertingkat peran juga mendukung dinding di atasnya. Tinggi peran disesuaikan dengan beban dan jarak tiang, akan tetapi minimal 12 cm. Sambungan seperti pada bantalan, hanya pada sambungan panjangnya dengan sambungan serong bertingkat, ditambah dengan dua baut untuk menahan, kalau ada gaya tarik.

Palang: membagi bidang antara dua tiang atau kuda penopang dalam bidang yang lebih kecil. Dengan begitu ia memperkuat dinding juga. Melihat tinggi dinding maka digunakan 2 s/d 3 palang. Palang ini disambungkan pada tiang dan kuda penopang dengan pen biasa, lihat gambar 5.73.h. dan i. Palang pintu ambang atas dan palang jendela disambungkan dengan pen bergigi tunggal, menurut gambar 5.73.g. dan k. Kedua macam palang ini berukuran seperti tiang; palang antara biasanya 2 cm lebih rendah.

II. Kayu yang tegak:

Tiang: menentukan tinggi dinding dan berdiri tegaklurus (sejajar anting) antara bantalan dan peran dinding. Tiang biasanya berpenampang bujur sangkar. Kalau penampang ini tidak sesuai pada suatu titik, maka dapat digunakan tiang ganda yang ditanam, yang bersambung dengan baut. Biasanya ini hanya terjadi pada gedung-gedung dengan beberapa tingkat, di mana tiang ganda ini berjalur terus sampai semua tingkat. Di atas dan di bawah tiang biasanya diberi pen, yang dalam bantalan sedikitnya 4 cm, dan pada peran dinding sesedikitnya 6 cm panjangnya, yaitu ½ tingginya.

III. Kayu yang berdiri miring:

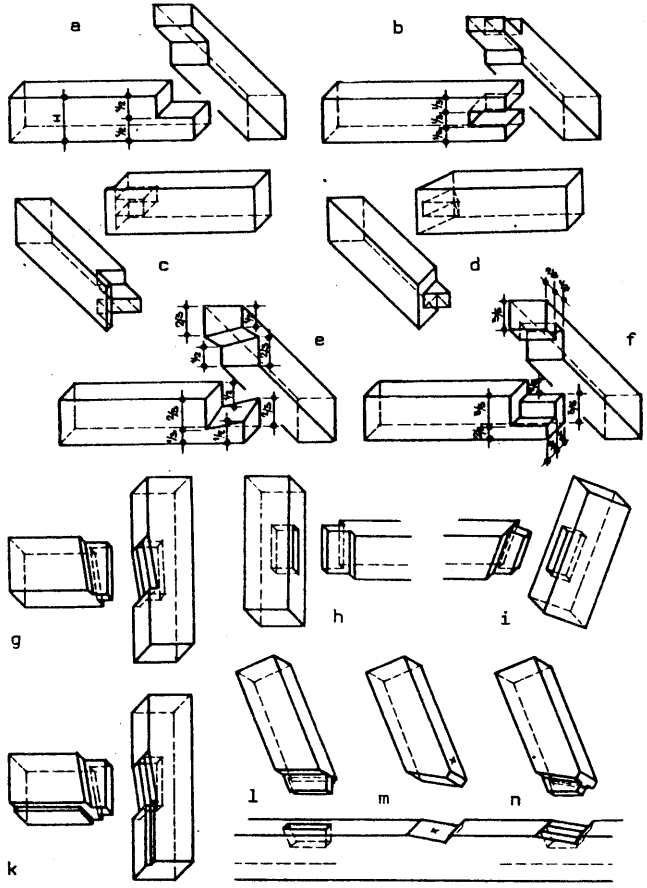
Kuda penopang: membagi segiempat bidang dinding yang goyah dalam bidang segitiga yang mantap. Menjaga agar dinding tidak bergerak oleh benturan atau tekanan angin. Antara tiang dan kuda penopang, dalam bantalan dan peran dinding harus tersisa 8 cm s/d 12 cm kayu muka, untuk menghindarkan pergeseran. Penampang kuda penopang sedikitnya harus sama dengan tiang. Sering juga digunakan yang 2 cm lebih besar. Sambungannya atas dan bawah dengan pen atau gigi tunggal menurut gambar 5.73. l. s/d n.

Kekuatan balok untuk rangka dinding yang bisa digunakan ialah:

untuk bantalan	:	6/ 8	8/ 8	8/10	10/10	10/12	12/12
untuk peran dinding	:	8/12	10/12	10/15	12/15	12/18	
untuk tiang	:	8/ 8	10/10	12/12			
untuk kuda penopang	:	8/ 8	8/10	10/10	10/12	12/12	12/15
untuk palang	:	6/ 8	8/ 8	8/10	10/10	10/12	12/12

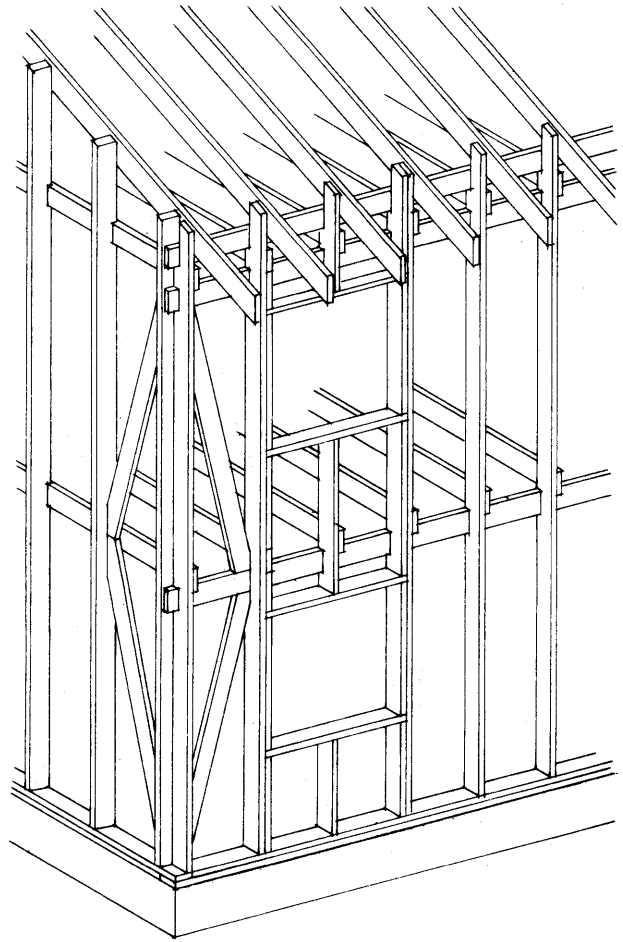
Pencegahan pada sambungan-sambungan rangka dinding:

Rangka dinding bagian luar dikenai pengaruh hujan-panas. Oleh sebab itu semua sambungan harus dibuat tepat, rata dan bersih, sehingga tidak dapat dimasuki air. Hal itu dapat dicapai dengan pembuatan bidang sambungan dengan tepat dan dengan pengecatan, hanya pada kayu yang cukup kering. Sebagai pengaman dapat juga bidang-bidang sambungan yang sudah selesai dibuat, sebelum dipasang dicat dengan obat atau koolteer.

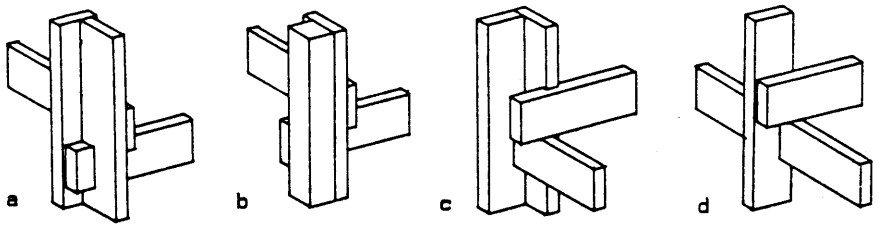


Gambar 5.73.

b) Konstruksi rangka-rangka terusan



Gambar 5.74.



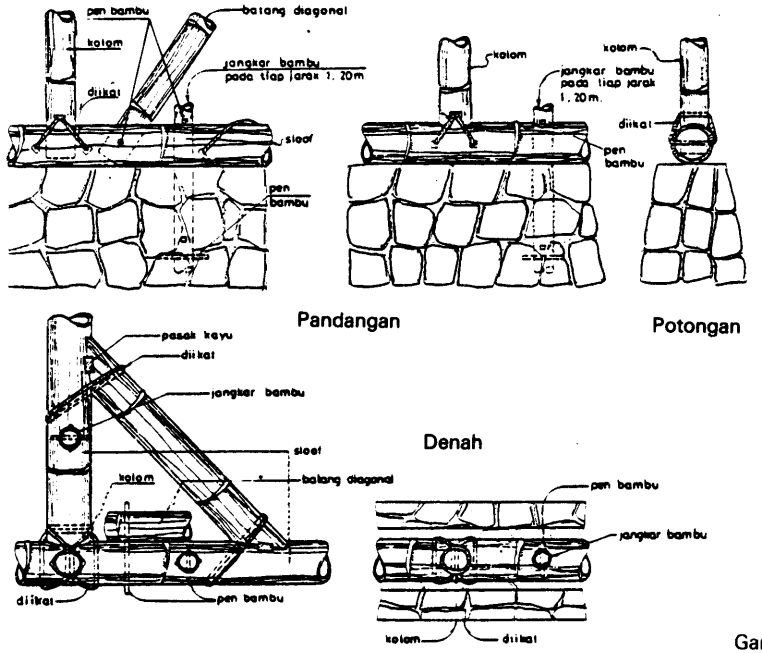
Gambar 5.75.

Konstruksi rangka terusan (lajur) pada umumnya luar dan dalam seluruhnya dilapisi dengan papan. Tiang-tiang menembus melalui semua tingkat bangunan. Oleh karena itu penyusutannya sedikit, dan pada hakekatnya hanya tergantung dari bagian-bagian konstruksi yang melintang. Maka bagian ini harus memenuhi syarat-syarat teknis.

Konstruksi rangka terusan (lajur) pada umumnya dibuat dari papan. Sambungan-sambungan seperti pen, gigi tunggal dan sebagainya tidak digunakan, sebab semua sambungan ditakik dan dipaku. Untuk tiap-tiap sambungan diperlukan paling sedikit empat paku. Jarak dari tiap-tiap tiang pada umumnya kira-kira 60 cm. Kestabilan pada arah horisontal diperoleh dari papan kuda-kuda penopang atau dari lapisan papan-papan yang dipaku dan dipasang diagonal. Kekuatan papan untuk rangka dinding yang bisa digunakan ialah: 5/10, 5/12, 6/12.

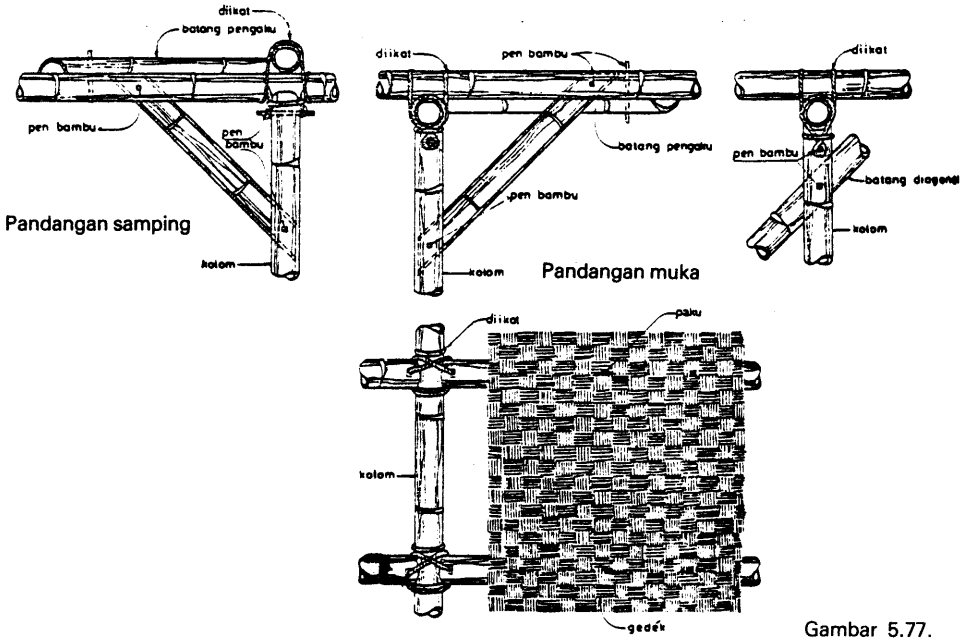
c) Konstruksi dinding rangka bambu

Sebenarnya konstruksi dinding rangka bambu tidak berbeda dari konstruksi kayu. Alat-alat sambungan dibuat dengan pen dan tali pengikat. Bambu yang digunakan harus memenuhi syarat-syarat peraturan bangunan dan peraturan umum untuk bahan bangunan di Indonesia. Dapat juga dibaca bab 8.1.2. (Bambu sebagai bahan bangunan).



Gambar 5.76.

Konstruksi dinding bambu: hubungan dengan pondasi



Gambar 5.77.

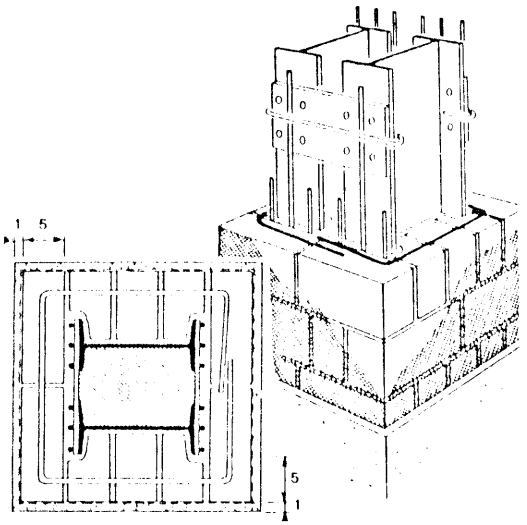
Konstruksi dinding bambu: konstruksi rangka dinding

5. 5. 2. Konstruksi bangunan rangka baja

Menurut peraturan bangunan nasional pada konstruksi baja harus diperhatikan hal-hal berikut dengan khusus:

Konstruksi baja harus didasarkan atas perhitungan-perhitungan statis yang dilakukan secara ilmiah dan dengan keahlian serta dikerjakan dengan teliti dan/atau percobaan-percobaan yang dapat dipertanggungjawabkan. Bahan-bahan, tegangan-tegangan, bentuk dan ukurannya harus menemui syarat-syarat peraturan nasional dan ketentuan-ketentuan yang ditetapkan oleh Kepala Bagian Teknik. Bagian-bagian yang ada kemungkinan karatan harus dimeni dan/atau dicat antikarat. Profil baja dan sebagainya harus dibersihkan dahulu dari karat sebelum digunakan. Pembersihan dapat dilakukan secara kimia atau secara mekanis.
Perubahan-perubahan profil baja secara tiba-tiba harus dihindarkan. Pembengkokan baja siku hanya diperbolehkan setelah dipanasi sampai warna merah muda. Lobang-lobang untuk baut dan paku keling pada konstruksi-konstruksi yang akan memikul beban dinamis tidak boleh dipons. Di bawah tumpuan profil baja harus diberi sekurang-kurangnya lapisan adukan semen portland setebal minimal 1 cm yang berakhir sekurang-kurangnya 3 cm dari pinggir pelat tumpuan. Pada konstruksi dengan profil rangkap harus diadakan kopling untuk batang tekan maupun batang tarik.

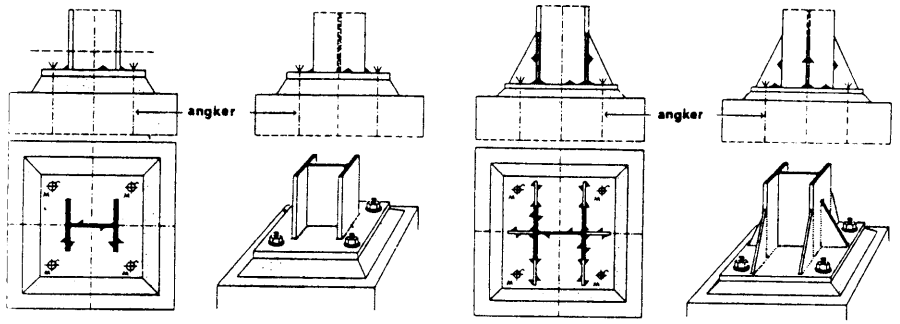
Walaupun di Indonesia belum ada peraturan tentang perlindungan konstruksi baja terhadap kebakaran, harus diperhatikan hal itu dengan khusus. Pada prinsipnya tiap- tiap konstruksi bangunan rangka baja, dengan kekecualian konstruksi atap, harus diselimuti terhadap kebakaran. Sebelum selimutan itu dipasang, bahaya karatan harus diperhatikan dengan khusus, sehingga konstruksi baja itu tidak bisa berkarat. Selimutan konstruksi baja terhadap kebakaran bisa dilakukan dengan batu merah atau dengan asbes-semprotan. Batu merah maupun asbes-semprotan harus diselimuti lagi terhadap kerusakan mekanis, biasanya dengan pemasangan turap setebal 1 cm s/d 1,5 cm. Lihat juga gambar-gambar berikut:



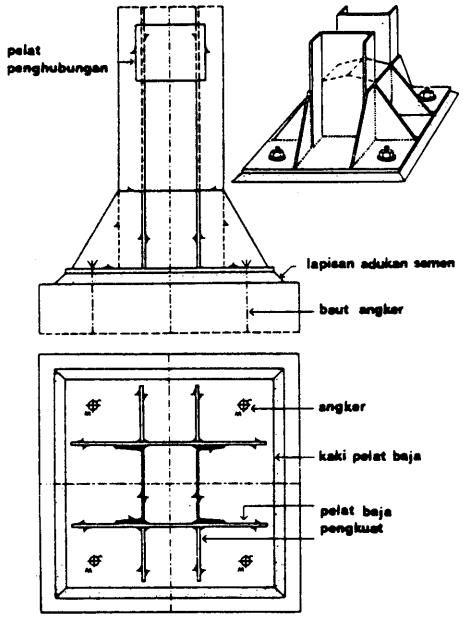
Gambar 5.78.

a) Konstruksi tumpuan dengan profil baja I

Gambar 5.79.



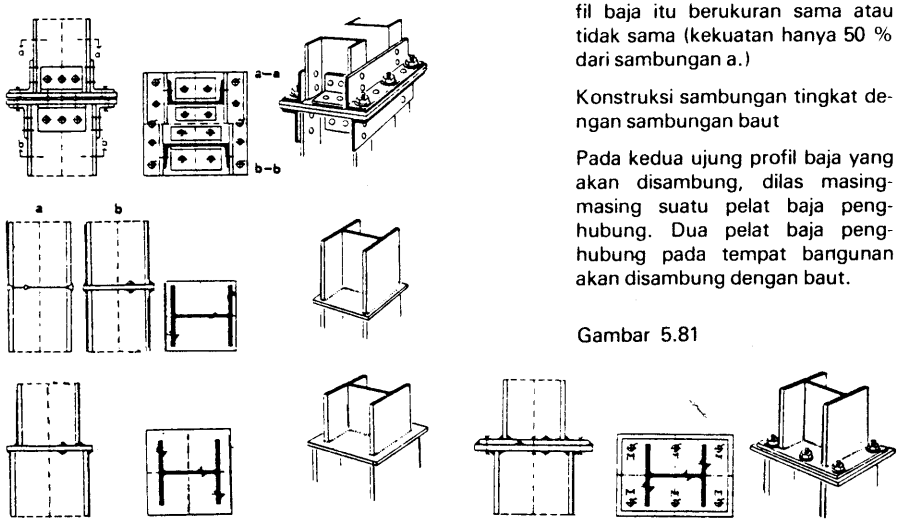
b) Konstruksi tumpuan dengan dua profil baja U



Konstruksi tumpuan yang diperkuat

Gambar 5.80

c) Konstruksi sambungan tingkat



Konstruksi sambungan tingkat dengan sambungan las

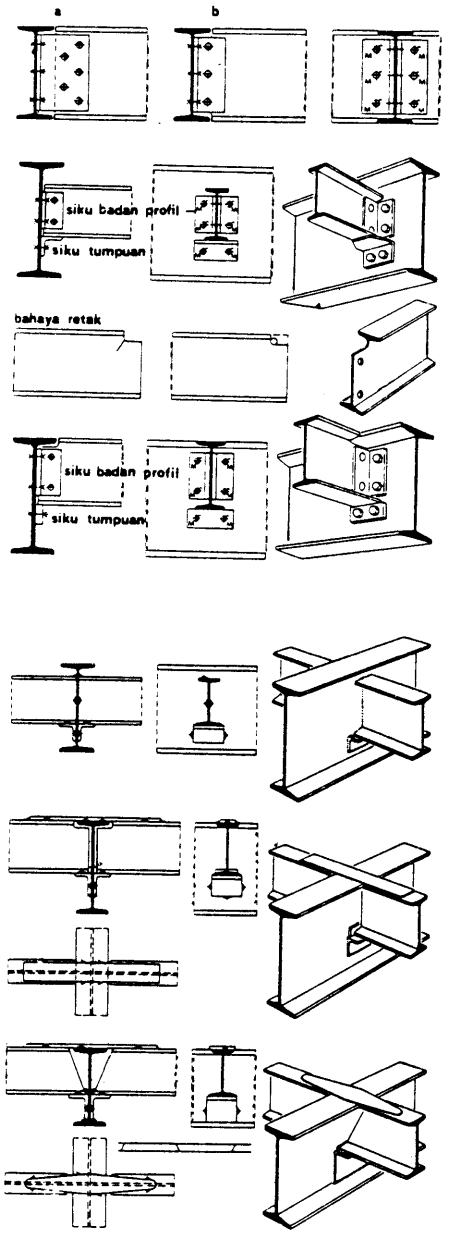
a) Sambungan las dumpul hanya diperbolehkan pada sambungan dengan dua profil baja berukuran sama.
b) Sambungan las dengan pelat baja penghubung, jikalau dua profil baja itu berukuran sama atau tidak sama (kekuatan hanya 50 % dari sambungan a.)

Konstruksi sambungan tingkat dengan sambungan baut

Pada kedua ujung profil baja yang akan disambung, dilas masing-masing suatu pelat baja penghubung. Dua pelat baja penghubung pada tempat bangunan akan disambung dengan baut.

Gambar 5.81

d) Konstruksi silangan balok profil baja.



Konstruksi silangan balok profil baja berukuran sama

a) dengan potongan siku, sambungan yang sederhana dan kurang kuat daripada
b) dengan potongan sayap profil yang pendek kita dapatkan suatu sambungan baut yang baik.

Konstruksi silang balok profil baja berukuran tidak sama.

Sambungan dengan baut

Gambar 5.82.

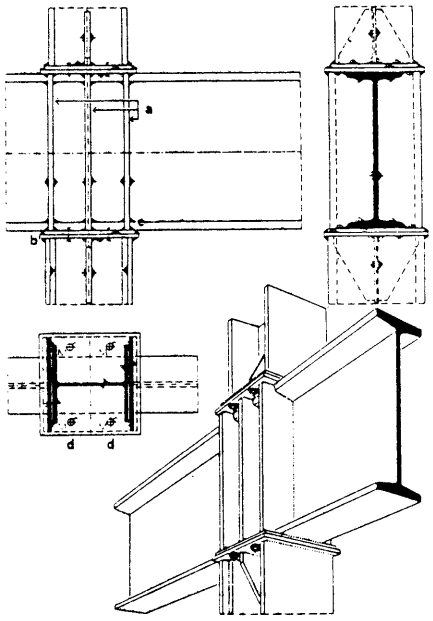
Konstruksi silang balok profil baja berukuran tidak sama

Sambungan las dengan sambungan las sudut

Sambungan las dengan sambungan las tepi

Gambar 5.83.

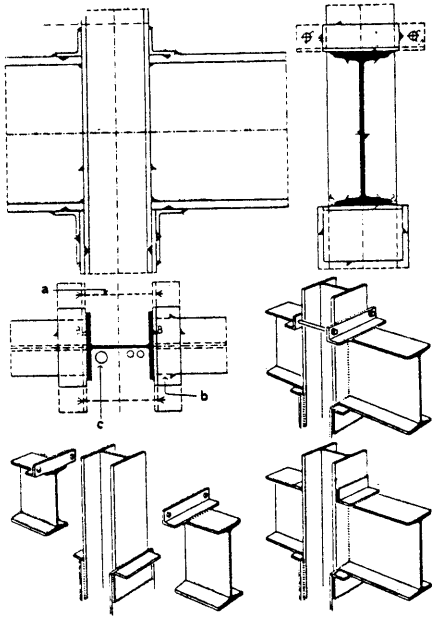
e) Konstruksi sambungan tiang dengan balok loteng



Konstruksi balok loteng yang ber jalur terus

a) besi strip dilas
b) pelat baja dilas pada ujung tiang
c) pelat baja dilas pada profil balok loteng
d) lubang untuk baut dibor di luar sayap profil

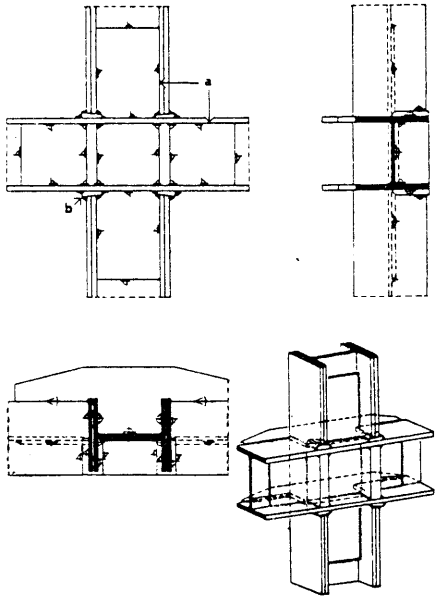
Gambar 5.84.



Konstruksi tiang yang berjalur terus, dengan tiang yang diperkuat

a) baut sementara
b) siku yang dipotong sesudah dilas
c) pemasangan pipa instalasi teknik

Gambar 5.86.



Konstruksi tiang dan balok loteng yang bersaling

a) besi strip penguat
b) baji baja

Gambar 5.87.

5. 5. 3. Konstruksi bangunan rangka beton bertulang

Seperti juga pada konstruksi bangunan rangka dari kayu atau dari baja, bisa juga dibuat suatu bangunan rangka dari beton bertulang. Rangka itu terdiri dari pelat loteng beton bertulang dan dari tiang atau kolom beton bertulang. Konstruksi bangunan rangka beton bertulang paling cocok untuk bangunan yang besar seperti bangunan pencakar langit dan sebagainya.

Konstruksi bangunan rangka beton bertulang biasanya dibuat dengan dinding luar sebagai dinding gorden (curtain-walls) dari batu merah, konstruksi kayu, kaca, aluminium dan sebagainya. Konstruksi bangunan rangka beton bertulang harus direncanakan dan diperhitungkan statis oleh ahli-ahli. Dalam rangka buku ini diadakan bab 5.2. (Konstruksi dinding beton) dan 7.3 (Konstruksi loteng masif).

6. Konstruksi Cerobong

6. 1. Cerobong Asap

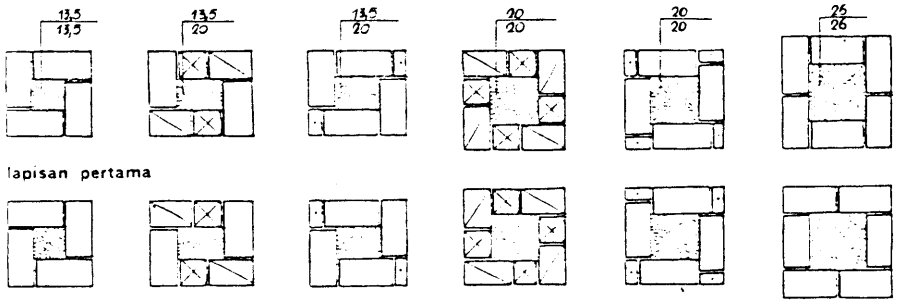
Cerobong asap adalah sarana pengaliran asap dari dapur atau tungku. Cerobong itu keluar pada bagian atap. Cerobong asap dibuat dari tembokan padat, beton, beton bertulang atau baja. Tebalnya dinding cerobong yang dibuat dari tembokan padat harus sekurang-kurangnya 11 cm atau selebar sebuah batu merah. Bentuknya pada bagian dalam sebaiknya dipilih bundar atau bujur sangkar. Jikalau dipilih persegi panjang sebenarnya kurang efisien; perbandingan harus lebih besar daripada 1:1,5.

Setiap cerobong asap harus sekurang-kurangnya 60 cm lebih tinggi dari bagian bangunan yang tertinggi di sekitarnya dalam jarak 3.00 m. Tinggi seluruhnya yang paling cocok ialah 4.50 m atau lebih. Cerobong asap harus rapat udara dan bagian dalam diturap selicin mungkin, sehingga mempunyai tarikan asap yang sesuai dengan tujuannya.

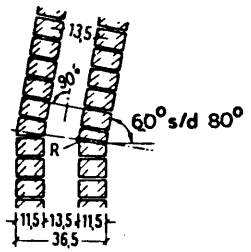
Sambungan antara cerobong dan atap harus dibuat sedemikian rupa, sehingga tidak akan mengakibatkan bocor. Pada atap rumbia, daun atau bambu cerobong harus dipasang di tengah bubungan. Kalau cerobong dibuat dari tembokan batu merah atau beton tanpa tulang, tingginya yang menonjol tidak boleh lebih dari 90 cm. Untuk menghindari bahaya kebakaran, maka jarak antara pinggir dalam dinding cerobong dan konstruksi kayu sekurang-kurangnya dipilih 15 cm menurut peraturan bangunan nasional. Akan tetapi harus diperhatikan, bahwa jarak ini di negeri-negeri Eropa selalu minimal 20 cm. Maka jarak yang ditunjuk oleh peraturan bangunan nasional agak kurang.

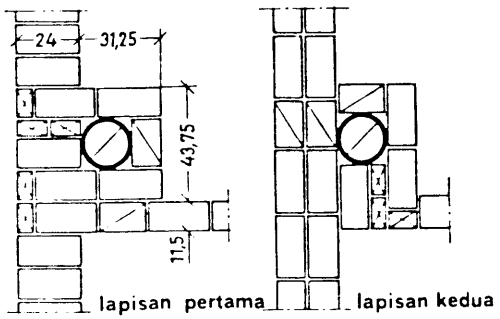
Bagian-bagian cerobong yang berada dalam dinding di dalam rumah harus dibuat dari beton bertulang dengan tebal sekurang-kurangnya 15 cm, atau dari beton atau batu merah dengan tebal lebih besar dari 25 cm, dan dalam hal terakhir harus diturap dengan adukan semen portland.

Cerobong asap harus dipasang demikian rupa, sehingga sejajar anting. Jikalau perlu boleh dimiringkan satu kali saja dengan kemiringan tidak kurang dari 60°. Jikalau digunakan batu merah berukuran 24/11,5/5,2 cm maka didapatkan ukuran-ukuran luasnya dalam cerobong asap sebesar 13,5/13,5 cm, 13,5/20 cm, 20/20 cm, dan 26/26 cm. Lihat gambar pengatur batu merah berikut:



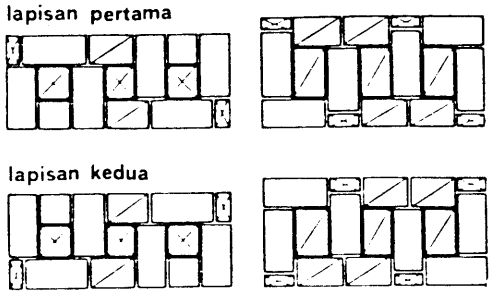
Gambar 6.1.





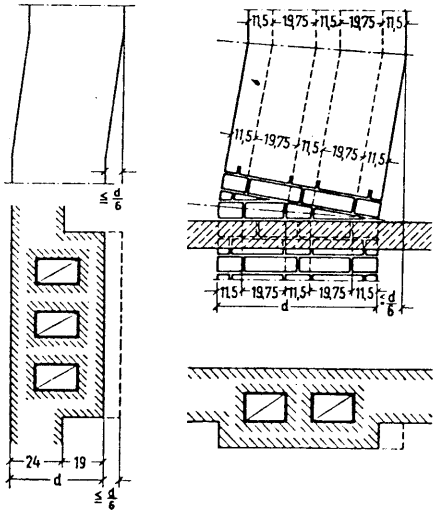
Seperti telah dikatakan cerobong asap yang paling ideal ialah berbentuk bundar. Bentuk ini didapatkan dengan menggunakan pipa keramik dengan garis-tengah dalam 15 cm atau 20 cm atau pipa beton juga dengan garis-tengah dalam 15 cm atau 20 cm. Lihat gambar dengan pengaturan batu merah dan pipa sebelah kiri.

Gambar 6.2.



Suatu cerobong asap juga tidak boleh mengalami penyimpangan, jikalau ada dua cerobong asap atau lebih dipasang berganda atau bertiga dari mulanya sampai ujung atas, seperti dapat dilihat pada gambar pengatur batu merah sebelah kiri.

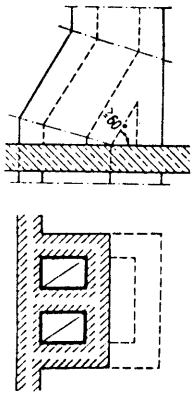
Gambar 6.3.



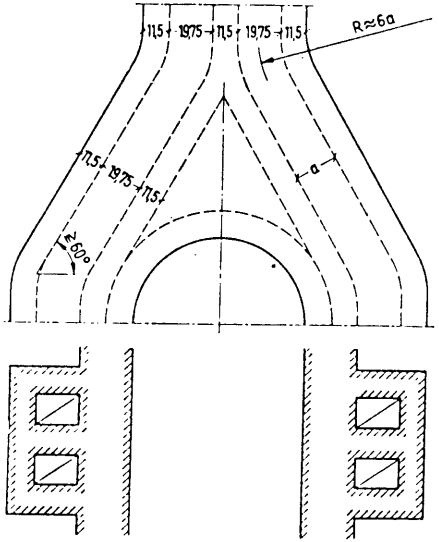
Pada konstruksi cerobong asap yang dimiringkan, harus diperhatikan hal-hal berikut:
Karena cerobong asap selalu harus berdiri di atas pondasi yang kuat, maka kemiringan itu hanya jadi kuat, jikalau tidak lebih daripada seperenam lebarnya cerobong asap itu seperti terlihat pada gambar sebelah kiri.

Gambar 6.4.

Kalau kemiringan lebih, karena kemiringan cerobong asap diperbolehkan sampai dengan 60°, maka harus dipasang suatu kaki atau suatu busur penguat jikalau dua-duanya cerobong asap dipasang dengan kemiringan 60° seperti terlihat pada gambar-gambar berikut:



Gambar 6.5.



Gambar 6.6.

6. 2. Cerobong Pembuangan Udara

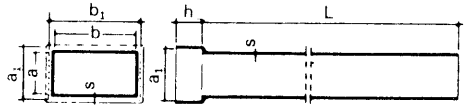
Kamar-kamar di dalam suatu bangunan besar sering tidak kemasukan udara luar melewati sebuah jendela, maka perlu digunakan cerobong pembuangan udara. Setiap cerobong pembuangan udara harus mempunyai tarikan yang sesuai dengan tujuannya. Kalau tarikan angin tidak cukup, maka digunakan kipas atau alat sejenis.

Pada praktek kita pasang sebuah cerobong atau lubang dekat pada lantai, yang mengalirkan udara bersih dan pada dinding di hadapan lubang itu dekat pada langit-langit dibuat ujung bawah cerobong pembuangan udara. Karena cerobong pembuangan udara tidak mengalirkan asap panas, maka tebal dinding cukup dengan batu merah yang berdiri, yaitu sekitar 5 cm. Cerobong pembuangan udara toh juga perlu dibuat rapat udara, terutama dalam hal pembuangan udara yang mengandung gas misalnya dari bengkel mobil, alat-alat membakar gas dan sebagainya yang bisa membahayakan kesehatan orang.

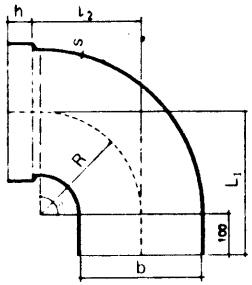
Tentu saja cerobong pembuangan udara dapat juga dibuat dari pipa keramik, pipa asbes-semen atau pipa beton beserta macam-macam seng dan sebagainya. Jikalau kita pasang sebuah kipas atau alat sejenis sebagai pembuangan udara secara mekanis pada ujung atas cerobong pembuangan udara pembuatan cerobong atau lubang dekat pada lantai yang mengalirkan udara bersih tidak perlu, karena tarikan udara kotor sudah cukup kuat.

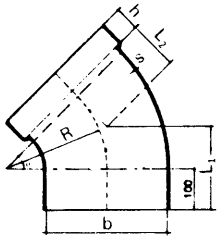
Lihat juga bab 9.4. (Instalasi alat pembaharuan udara mekanis) pada jilid II.

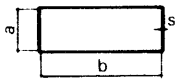
Sebagai contoh lihat gambar-gambar dan tabel cerobong pembuangan udara dari asbes-semen.

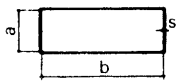


Ukuran pipa segiempat			ukuran soket	
a + b (mm)	S (mm)	L (m)	a1 × b1 (mm)	h (mm)
100 × 100	7	1.00, 2.00 atau 3.00 m panjang	127 × 127	65
100 × 150	7		127 × 177	65
100 × 200	7		127 × 227	65
100 × 300	7		127 × 327	65
125 × 125	7		152 × 152	65
150 × 150	7		177 × 177	65
150 × 200	7		177 × 227	65
150 × 300	7		177 × 327	65
200 × 200	7		227 × 227	65
200 × 300	7		227 × 327	65
200 × 400	8		230 × 430	65
200 × 500	9		231 × 531	65



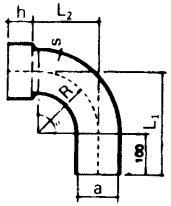


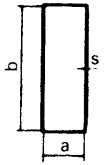


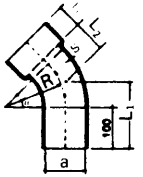


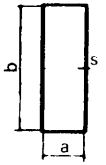
$$R = 100 + \frac{b}{2}\ mm$$

a×b (mm)	α	L1 (mm)	L2 (mm)
100 × 150	45° 90°	174 275	87 192
100 × 200	45° 90°	184 300	98 216
100 × 300	45° 90°	204 350	123 270
150 × 200	45° 90°	184 300	98 216
150 × 300	45° 90°	204 350	123 270
200 × 300	45° 90°	204 350	123 270
200 × 400	45° 90°	225 400	143 320
200 × 500	45° 90°	246 450	165 371









$$R = 100 + \frac{a}{2}\ mm$$

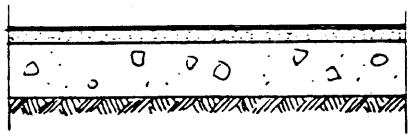
a × b (mm)	α	L1 (mm)	L2 (mm)
100 × 100	15° 30° 45° 60° 90°	119 139 162 187 250	36 57 78 103 166
100 × 150	45° 90°	162 250	78 166
100 × 200	45° 90°	162 250	78 166
100 × 300	45° 90°	162 250	78 166
125 × 125	15° 30° 45° 60° 90°	120 142 168 193 263	58 60 83 111 179
150 × 150	15° 30° 45° 60° 90°	122 147 174 202 275	40 63 87 117 192
150 × 200	45° 90°	174 275	87 192
150 × 300	45° 90°	174 275	87 192
200 × 200	15° 30° 45° 60° 90°	126 153 184 216 300	43 70 98 132 216
200 × 300	45° 90°	184 300	98 216
200 × 400	45° 90°	184 300	98 216
200 × 500	45° 90°	184 300	98 216

7. Konstruksi Lantai dan Loteng

7. 1. Konstruksi Lantai dan Lapisan Lantai

7. 1. 1. Lantai beton dan plesteran

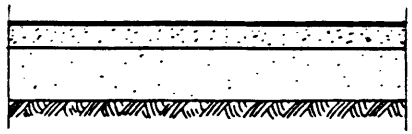
Lantai plesteran kapur-pasir dengan adukan 2 bagian pasir : 1 bagian kapur atau kapur-tras dengan adukan 1 bagian (volume) kapur : 5 bagian tras dengan tebal 3 cm, dilapisi dengan cairan semen setebal 2 mm. Dasarnya ialah tanah stabilisasi, tanah yang telah dipadatkan dengan stabilisasi. Contohnya antara lain; 1 bagian (volume) kapur : 3 bagian tanah atau 1 bagian semen portland : 20 bagian tanah dan sebagainya.



2 mm Cairan semen
3 cm Kapur-tras
10 cm Tanah stabilisasi
Tanah

Gambar 7.1.

Cara pembuatan lantai plesteran yang lain ialah lantai dari campuran tras-kapur dengan adukan 1 bagian (volume) kapur : 5 bagian tras dicampur homogin dan sebelum kering ditumbuk sampai mencapai tebal 5 cm s/d 8 cm, dilapisi dengan cairan semen portland setebal 2 mm. Alas terdiri dari urugan pasir disiram air ditumbuk padat setebal 10 cm.

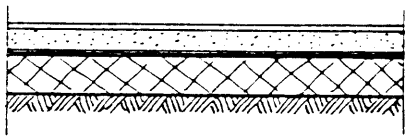


2 mm Cairan semen
5 cm Kapur-tras
10 cm Urugan pasir
Tanah

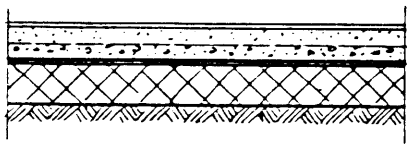
Gambar 7.2.

Dengan cara yang sama kita membuat lantai beton, jikalau kita mengganti campuran tras-kapur dengan beton. Campuran yang digunakan ialah beton K 175 s/d K 225, ditumbuk sampai mencapai tebal 5 cm s/d 8 cm menurut keadaan alas seperti terlihat pada gambar 7.2. di atas. Lantai beton dapat digosok dalam keadaan basah sampai permukaannya licin dan jikalau perlu digunakan cairan semen portland.

Catatan: Lantai beton dan plesteran yang dibicarakan sampai saat ini tidak kedap terhadap kelembaban yang dapat naik dari tanah, maka lantai ini tidak boleh dilapisi dengan kayu, permadani atau bahan sintetik.
Cara yang harus kita lakukan dalam hal ini ialah: membuat lantai beton setebal minimal 8 cm seperti telah dibicarakan. Kemudian dicor 1 cm aspal panas. Sesudah aspal dingin dan keras dengan beton halus K 300 atau dengan campuran tras-kapur dengan adukan 1 bagian (volume) kapur : 5 bagian tras dibuat lantai tambahan setebal 4 cm. Jikalau perlu bisa juga dibuat satu lapisan K 300 dengan menggunakan sekam padi pengganti kerikil dan pasir dan satu lapisan plester K 300 biasa. Lapisan masing-masing setebal 3 cm. Di atas lantai tambahan yang rata dan licin ini, kita pasang kayu (parket), permadani atau bahan sintetik.



~ 1 cm Lapisan lantai
4 cm Kapur-tras
1 cm Aspal panas
8 cm Beton
Tanah

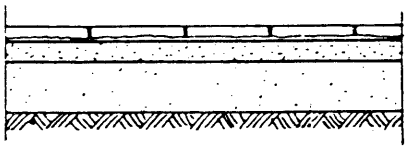


~ 1 cm Lapisan lantai
3 cm Plesteran K 300
3 cm Plesteran sekam padi
1 cm Aspal panas
8 cm Beton
Tanah

Gambar 7.3.

7. 1. 2. Lapisan lantai ubin

Alas konstruksi lantai yang dilapisi dengan ubin, adalah urugan pasir yang disiram air dan ditumbuk padat setinggi 10 cm. Adukan pasangan terdiri dari 1 bagian (volume) kapur : 3 bagian pasir atau 1 bagian kapur : 5 bagian tras setebal kurang-lebih 4 cm. Siar-siar di antara pelat ubin berjarak sekitar 2 mm diisi dengan cairan semen portland.



~ 2,5 cm Ubin
4 cm Kapur-tras
10 cm Urugan pasir
Tanah

Gambar 7.4.

Di Indonesia diperdagangkan aneka macam ubin. Maka dalam pembagiannya akan kita perhatikan peraturan umum untuk bahan bangunan di Indonesia, yaitu: a) ubin semen portland, b) ubin teraso, c) ubin beton, d) ubin keramik, e) ubin batu alam dan f) ubin tahan asam, tahan minyak dan tahan alkali.

a) Ubin semen portland

Ubin semen portland yang dibuat melalui proses basah atau kering harus terdiri dari lapisan atas, yang terbuat dari semen portland, dengan atau tanpa bahan pewarna dan/atau bahan tambahan, dan lapisan bawah, yang terbuat dari adukan semen yang cukup kuat, dengan atau tanpa lapisan antara. Ubin semen portland dapat dibagi menurut warna. Dinyatakan dengan huruf besar A yang tanpa bahan pewarna, dengan huruf besar B yang berwarna polos dan dengan huruf besar C yang bergambar. Ubin semen portland kemudian dapat dibagi atas bentuk permukaan. Dinyatakan dengan huruf kecil a yang rata, b yang rata bertepi miring, c yang beralur searah, d yang beralur dua arah sejajar tepi atau diagonal dan e yang berukir termasuk ubin babat. Dengan istilah lain, yang juga lazim dipakai sebagai ubin babat, adalah ubin mozaik. Istilah ini jangan dikacaukan dengan ubin-ubin kecil untuk pembuatan mozaik. Akhirnya ubin semen portland juga terbagi menurut mutu, dinyatakan dengan angka Romawi I, II dan III menurut tabel berikut:

Tingkat mutu	Keteguhan lentur (kg/cm²)	Ketahanan aus lapisan atas	
		waktu pengasahan (menit)	kecepatan aus (mm/menit)
I	35	15	0,100
II	30 – 35	8	0,100 – 0,130
III	25 – 30	8	0,130 – 0,160

Mutu ubin semen portland masing-masing harus memenuhi syarat peraturan umum untuk bahan bangunan di Indonesia, pasal 33, ayat 6 dan 7. Ubin semen portland dipasarkan di Indonesia dengan ukuran-ukuran berikut:

Ukuran (cm)	Tebal minimum (mm)
15 × 15	14
20 × 20	20
25 × 25	24
30 × 30	26

b) Ubin teraso

Ubin teraso terdiri dari lapisan atas, yang dibuat dari campuran pecahan halus batu alam dan adukan semen portland, dengan atau tanpa bahan pewarna dan/atau bahan tambahan, dan lapisan bawah, dibuat dari adukan semen portland yang cukup kuat. Setelah cukup keras, lapisan atasnya diasah dan dipoles. Pecahan halus batu alam, biasanya pualam, harus terbagi rata dalam lapisan atas. Ubin teraso harus memenuhi syarat peraturan umum untuk bahan bangunan di Indonesia NI-3, pasal 33, ayat 5 s/d 8, seperti juga ubin semen portland.

c) Ubin beton

Ubin beton adalah ubin semen portland yang dibuat dengan atau tanpa dikempa, dengan panjang sisi lebih dari 30 cm dan tebal lebih dari 3,5 cm; apabila ubin berlapisan atas, maka tebal lapisan tersebut harus lebih dari 6 mm. Bidang patah yang baru dari ubin beton harus memperlihatkan struktur yang merata dan padat tanpa rongga-rongga atau retak-retak. Penyimpangan yang diizinkan dari panjang sisi yang disyaratkan adalah ± 3 mm. Menurut peraturan umum untuk bahan bangunan di Indonesia NI-3, ubin beton harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut:

Ubin beton yang dikempa:

Tingkat mutu	Keteguhan lentur (kg/cm²)	Keteguhan tekan (kg/cm²)	Ketahanan aus (mm/menit)
I	55	450	0.09
II	55 – 45	450 – 350	0.04 – 0.12
III	45 – 35	350 – 250	0.12 – 0.16

Ubin beton yang tidak dikempa:

Tingkat mutu	Keteguhan lentur (kg/cm²)	Keteguhan tekan (kg/cm²)	Ketahanan aus (mm/menit)
I	35	250	0,10
II	35 – 25	250 – 200	0,10 – 0,13
III	25 – 15	200 – 150	0,13 – 0,16

d) Ubin keramik

Ubin keramik adalah ubin yang dibuat dari tanah liat, dengan atau tanpa bahan tambahan, melalui proses pembakaran sedemikian rupa, sehingga tidak dapat hancur apabila direndam dalam air. Bidang patah yang baru pada ubin keramik harus memperlihatkan hasil pembakaran yang baik dan merata. Ubin keramik harus keras, rata permukaannya tanpa cacat dan warnanya harus merata, baik masing-masing maupun terhadap yang lain. Ubin keramik harus mempunyai bentuk dan ukuran yang tepat, sisi-sisinya harus saling tegaklurus dan tepinya harus tajam.
Ubin keramik terbagi atas ubin keramik yang dibakar biasa, ubin keramik yang dibakar keras dan ubin keramik yang dibakar keras sekali. Semuanya harus memenuhi syarat peraturan umum untuk bahan bangunan di Indonesia NI-3.
Yang juga masuk golongan ubin keramik ialah ubin porselin. Ubin porselin harus diberi lapisan bahan gelas pada permukaannya dan diperoleh dari tanah liat putih melalui proses pembakaran. Ubin porselin harus tahan asam dan tahan alkali. Penyimpangan maksimal pada panjang dan lebar yang disyaratkan ± 1 mm. Lapisan tembikar pada permukaannya harus cukup rata, licin, bebas dari rengat-rengat dan merata warnanya.

e) Ubin batu alam

Ubin batu alam terbagi atas ubin marmer, ubin granit, ubin andesit dan ubin dari batu-batuan lain.

Ubin marmer harus dibuat dari batu marmer yang berstruktur padat, halus sampai sedang dan tidak mengandung lapisan-lapisan yang berstruktur seperti mika. Setetes tinta pada permukaan ubin marmer yang sudah dipoles harus dapat dibersihkan dengan air setelah beberapa menit tanpa meninggalkan bekas-bekas yang berarti. Ubin marmer harus mempunyai bentuk dan ukuran yang tepat, sisinya harus saling tegaklurus dan tepinya harus tajam, permukaannya harus rata dan dipoles.

Ubin granit harus dibuat dari batuan granit yang berstruktur padat, halus sampai sedang. Permukaan atas, sisi-sisi dan tepi-tepi dari bagian bawah ubin granit harus dikerjakan dengan pahat runcing, tapi permukaan bawah yang dikerjakan harus cukup lebarnya sehingga dapat menjamin kedudukan yang tetap baik. Ubin granit harus rata permukaannya, tepat ukuran dan bentuknya, sehingga setelah dipasang bersama-sama dengan siar antara, membentuk suatu bidang yang baik. Ubin granit harus mempunyai tebal minimum 5 cm.

Ubin andesit atau ubin gunung harus dibuat dari batuan andesit yang berstruktur padat dengan dibelah menjadi lempengan. Ubin andesit harus rata permukaannya, tepat ukuran dan bentuknya, sehingga setelah dipasang bersama-sama dengan siar antara, membentuk suatu bidang yang baik. Ubin andesit harus mempunyai tebal minimal 1 cm.

Ubin dari batu-batuan lain harus dibuat dari batuan yang berstruktur padat. Ubin harus rata permukaannya, tepat ukuran dan bentuknya, sehingga setelah dipasang bersama-sama dengan siar antara, membentuk suatu bidang yang baik.

f) Ubin tahan asam, tahan minyak dan tahan alkali

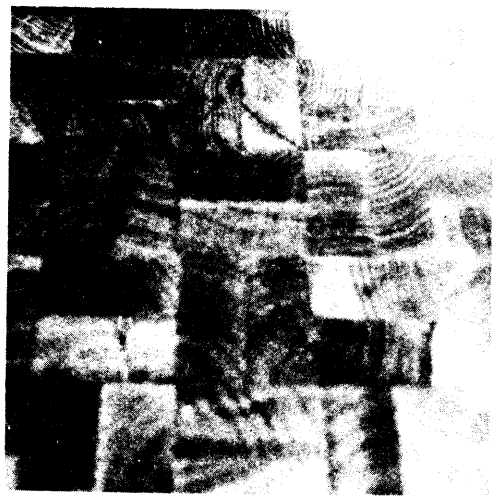
Ubin tahan asam, tahan minyak dan tahan alkali harus memenuhi syarat peraturan umum untuk bahan bangunan di Indonesia NI-3, pasal 33, ayat 39 s/d 42.
Ubin, yang dapat digolongkan ke dalam ubin yang tidak begitu tahan asam, ialah: ubin keramik yang dibakar biasa, ubin keramik yang dibakar keras sekali dan ubin porselin.
Ubin-ubin, yang dapat digolongkan ke dalam ubin yang sangat tahan asam, ialah: ubin aspal apabila dibuat dari bahan-bahan yang tahan asam, ubin keramik yang dibakar keras sekali, ubin granit, ubin andesit dan ubin dari batu-batuan lain yang tidak mengandung karbonat.
Ubin-ubin, yang dapat digolongkan ke dalam ubin yang tahan minyak, ialah: ubin keramik yang dibakar keras sekali, ubin porselin, ubin granit dan ubin andesit.

7. 1. 3. Lapisan lantai kayu

Lapisan lantai dari kayu (parket) boleh dipasang hanya pada lantai beton yang diisolasi terhadap kelembaban dengan aspal, lihat gambar 7.3. Atau di atas lapisan plesteran yang padat dan rata pada konstruksi loteng masif. Konstruksi lantai dari kayu kita bagi atas dua macam, yaitu lapisan kayu yang tipis (8 mm s/d 10 mm tebal) yang dilem dengan perekat khusus di atas plesteran itu dan yang sering juga dinamakan parket atau kerakal kayu.

a) Kerakal kayu

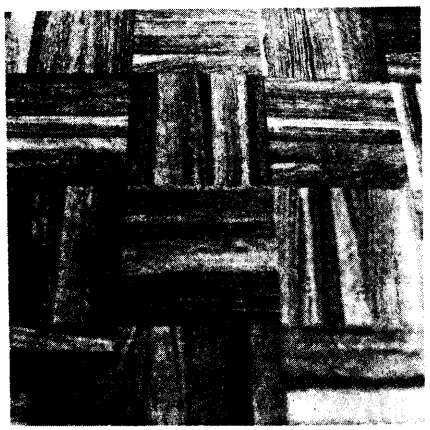
Kerakal kayu biasanya digunakan sebagai lantai bengkel dan tempat kerja di pabrik dan sebagainya yang sehat dan yang tinggi daya isolasinya. Kerakal kayu dengan tebal 6 cm s/d 14 cm berukuran 8/8 cm s/d 8/20 cm ditanam dalam aspal di atas lantai beton dengan bagian berserat mencong (potongan melintang dengan pori-pori ke atas) pada permukaan lantai.



Gambar 7.5.

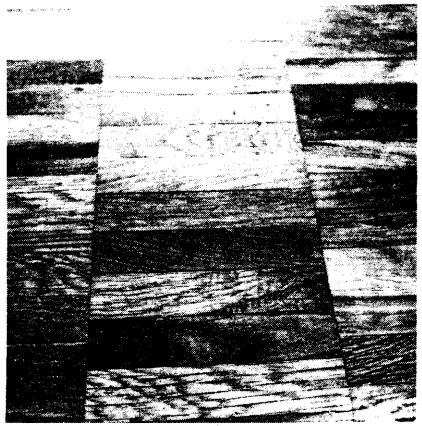
b) Lapisan lantai dari kayu (parket)

Lapisan lantai dari kayu terdiri dari kayu yang tipis (8 mm s/d 10 mm) lebarnya 20 mm s/d 30 mm dan panjangnya 10 cm s/d 15 cm, yang dilem dengan perekat khusus pada lantai beton yang halus dan rata. Menurut cara pemasangan bisa kita dapat gambaran yang lain, misalnya mosaik, sejajar, secara inggeris dan sebagainya.



a

Lapisan lantai dari kayu mosaik



b

Lapisan lantai dari kayu sejajar

Gambar 7.6.

c) Konstruksi lantai kayu

Seperti telah dikatakan, dua cara lapisan lantai dari kayu: a) kerakal kayu dan b) parket terutama digunakan di atas lantai beton sebagai dasarnya. Konstruksi lantai kayu di atas konstruksi loteng atau lantai dari kayu dapat diperhatikan pada bab 7.4.4. (Konstruksi lantai dan pemasangan macam-macam langit-langit).

7. 1. 4. Lapisan lantai permadani

Lapisan lantai permadani juga boleh dipasang hanya pada lantai beton, yang diisolasi dengan aspal terhadap kelembaban. Lantai permadani mempunyai keuntungan sebagai isolasi terhadap suara yang merambat pada benda. Tentu saja lapisan lantai permadani juga boleh dipasang pada suatu lantai dasar pada konstruksi loteng dari kayu, biasanya pada multiplex sebagai lantai dasar sehingga permukaan rata benar.

Permadani yang dipasang sebagai lapisan lantai biasanya terdiri dari suatu lapisan karet busa dan lapisan permadani. Sebagai permadani dapat digunakan nylon, bahan sintetik yang lain atau wol. Lapisan lantai permadani biasanya dilem dengan perekat khusus pada lantai dasar (beton atau kayu multiplex) yang halus dan rata.

7. 1. 5. Lapisan lantai sintetik

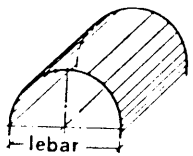
Pengertian lapisan lantai sintetik ialah pelat lapisan lantai berukuran 25/25 cm s/d 64/64 cm setebal 1,5 mm s/d 2,5 mm atau lapisan lantai dalam rol selebar 2.00 m atau lebih yang terdiri dari PE (polyetylen), EP (damar epoxyd), PMMA (polymetylmetacrylat), Polyester, PU/PUR (Polyuretan), PVC (Polyvinilchlorid) atau karet sintetik.
Lapisan lantai sintetik sebagai pelat atau rol biasanya dilem dengan perekat khusus atau dengan aspal panas pada lantai dasar (beton atau kayu multiplex) yang halus dan rata.

7. 2. Konstruksi Kubah

Konstruksi kubah merupakan konstruksi loteng tertua. Dalam konstruksi bangunan, konstruksi kubah memungkinkan suatu kesatuan antara konstruksi dinding dan konstruksi loteng.
Konstruksi kubah ialah konstruksi loteng, yang melengkung berbentuk busur, biasanya dari batu merah. Batu-batu merah itu tertekan oleh busur sehingga dapat menerima beban berguna dan sebagainya. Tumpuan dibuat sebagai dinding yang menerima beban, sebagai kolom atau sebagai balok pendukung. Dalam rangka buku ini dan sebagai pengetahuan dasar, konstruksi kubah kita batasi pada konstruksi kubah tong dan konstruksi kubah bersilang.

7. 2. 1. Konstruksi kubah tong

Penggunaan kubah tong terbatas tingginya. Bidang busur kubah tong turun pada dinding yang menerima beban dan mempersulit pembuatan pintu dan jendela pada dinding tersebut. Busur pada kubah tong biasanya setengah lingkaran.



Gambar 7.7.

Tebal konstruksi kubah tong dipilih menurut garis-tengah busur yang sama dengan lebar busur pada lebar bentang (lebar tong):

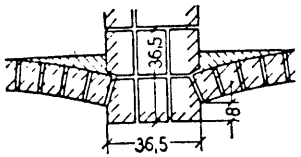
sampai dengan 3.00 m : 11,5 cm pada puncak dan 11,5 cm pada tumpuan
dari 3.00 m s/d 5.00 m : 11,5 cm pada puncak dan 24 cm pada tumpuan
dari 5.00 m s/d 8.00 m : 24 cm pada puncak dan 24 cm pada tumpuan

Sebagai penguat konstruksi kubah tong dengan lebar bentang lebih dari 4.00 m maka dibuat balok penopang sebesar paling sedikit 24/24 cm dengan jarak 1.50 m s/d 2.50 m dari batu merah.

Konstruksi kubah tong, yang lebih besar atau dibebani luar biasa, harus diperhitungkan secara statis.

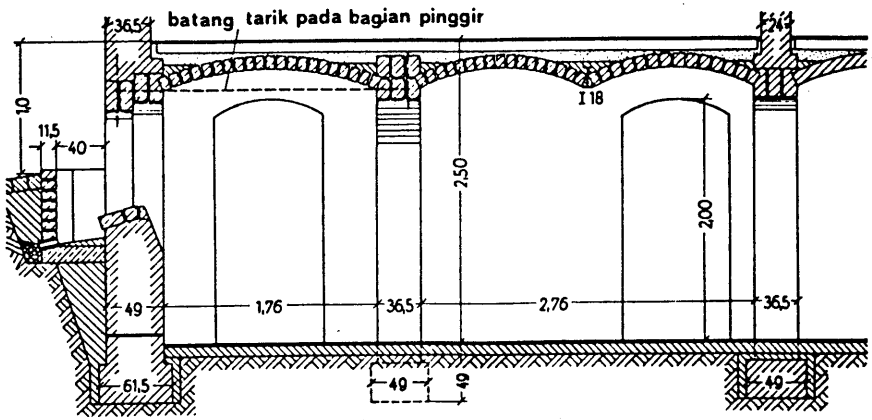
Konstruksi kubah tong sering juga diubah sehingga bukan menjadi setengah lingkaran melainkan busur tembereng. Dengan cara ini kita menghindari kerugian konstruksi kubah tong mengenai tinggi dinding yang menerima beban. Sebagai tumpuan dibuat konstruksi balok pendukung dari profil baja atau dengan konstruksi dinding batu merah seperti terlihat pada gambar berikut:

Sambungan dua kubah tong busur tembereng dengan profil baja sebagai tumpuan



Sambungan dua kubah tong busur tembereng dengan dinding batu merah sebagai tumpuan

Potongan suatu konstruksi loteng dengan kubah tong busur tembereng

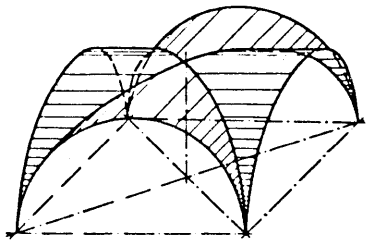


Gambar 7.8.

Karena konstruksi kubah tong merupakan suatu konstruksi statis yang sederhana sekali tetapi dengan kelemahan, maka diperlukan dinding yang menerima beban yang agak tinggi. Oleh sebab itu kita menggunakan dua kubah tong yang bersilang. Terdapatlah kubah bersilang yang berdiri di atas empat kolom.

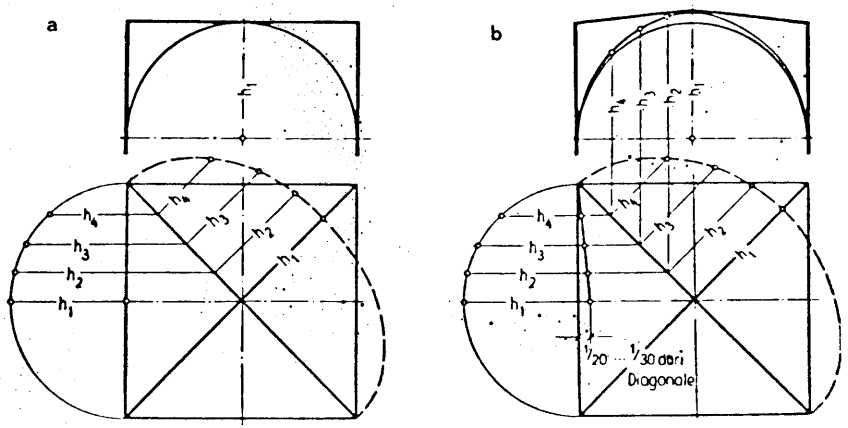
7. 2. 2. Konstruksi kubah bersilang

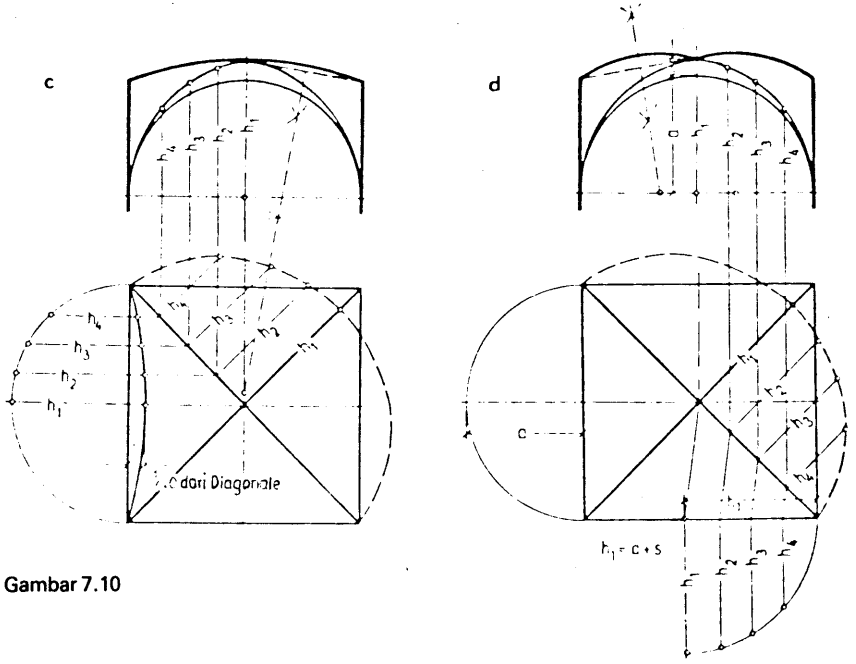
Konstruksi kubah bersilang biasanya digunakan pada ruang-ruang yang persegi empat seperti terlihat pada isometri berikut:



Gambar 7.9.

Menurut garis potongan pada puncak suatu konstruksi kubah bersilang, maka kita membedakannya atas konstruksi kubah bersilang a) dengan garis puncak yang lurus, b) dengan garis puncak yang lurus patah, c) dengan garis puncak yang berbusur tembereng dan d) dengan garis puncak yang berbusur tembereng patah, seperti terlihat pada gambar-gambar berikut:





Gambar 7.10

Seperti telah dikatakan, tumpuan pada konstruksi kubah bersilang ialah kolom-kolom atau pada ujung-ujung bangunan dinding. Sebagai loteng pada ruang besar, maka dapat digunakan konstruksi bersilang yang berbaris pada lebarnya dan pada panjangnya bangunan.

7. 3. Konstruksi Loteng Beton Bertulang

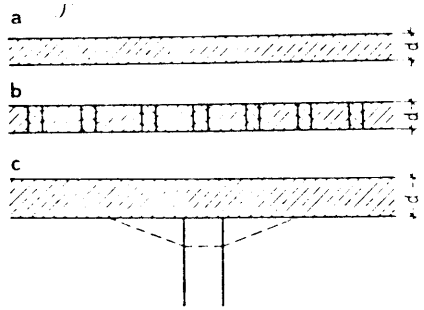
7. 3. 1. Pengetahuan dasar

Pada bangunan bertingkat dan konstruksi atap datar, sering kita gunakan konstruksi loteng beton bertulang. Bahan bangunan beton atau elemen beton atau lempung yang dibakar, membuat konstruksi loteng beton bertulang tahan terhadap kebakaran, kelembaban dan hama, yang menentukan jangka waktu ketahanan konstruksi loteng beton bertulang hampir tidak terbatas. Jikalau konstruksi beton bertulang sebagai loteng masif dihubungkan dengan dinding yang menerima beban yang masif, kita dapatkan suatu kesatuan dalam konstruksi seperti pada konstruksi kubah, akan tetapi tanpa kelemahan-kelemahan konstruksi kubah itu.

Sebaliknya konstruksi loteng beton bertulang yang agak tipis kelemahannya ialah peredaman suara yang jelek, pemasangan dalam keadaan basah, berat sendiri yang agak besar dan harga yang tinggi.
Konstruksi loteng beton bertulang dapat dipecahkan menurut konstruksinya atas dua golongan yaitu: *konstruksi pelat masif* dan *konstruksi pelat balok.* Kemudian harus diperhatikan, bahwa dalam bab ini kita memperhatikan hanya konstruksi loteng. Akan tetapi konstruksi loteng ini harus ditambah konstruksi lantai, lihat bab 7.1. (Konstruksi lantai dan lapisan lantai) dan langit-langit, lihat bab 7.4.3. (Konstruksi lantai dan pemasangan macam-macam langit-langit). Penahanan suara misalnya biasanya memperhatikan pemilihan konstruksi lantai, ketahanan terhadap pembakaran sering memperhatikan penentuan konstruksi langit-langit dan sebagainya. Baru sesudah diperhatikan semua faktor, bisa kita menentukan harga konstruksi dan membandingkan dengan konstruksi yang lain. Menurut pemilihan konstruksi lantai dan langit-langit, kita membedakan konstruksi *loteng berlapis satu, konstruksi loteng berlapis dua atau konstruksi loteng berlapis tiga.*

a) Konstruksi pelat masif

Konstruksi pelat masif merupakan konstruksi rangka dalam bidang yang dibebani siku-siku pada bidangnya. Tumpuannya bisa linear atau bertitik-titik. Menurut sifat statis kita membedakan pelat beton bertulang satu arah atau pelat beton bertulang bersilangan.
Dalam konstruksi pelat masif kita masukkan juga konstruksi-konstruksi pelat dari elemen-elemen macam-macam bahan bangunan. Jikalau dihubungkan dengan beton menjadi suatu kesatuan dan sifatnya statis, ia menjadi pelat beton bertulang satu arah saja. Untuk pelat beton bertulang bersilangan bertumpuan bertitik-titik, biasanya kita pilih konstruksi pelat masif dengan kolom berkepala cendawan terbuka atau tersembunyi. Lihat gambar-gambar berikut:



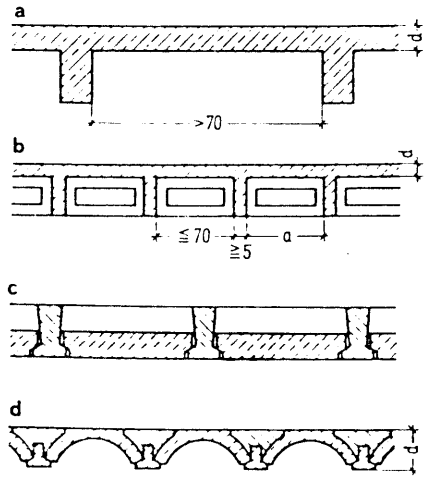
a) Konstruksi pelat beton masif d ⩾ 7 cm
b) Konstruksi pelat masif dengan elemen-elemen d ⩾ 11,5 cm
c) Konstruksi pelat beton masif dengan kolom berkepala cendawan tersembunyi d ⩾ 15 cm

Gambar 7.11.

b) Konstruksi pelat-balok

Konstruksi pelat-balok biasanya lebih ringan daripada konstruksi pelat masif dan karena itu lebih ekonomis, terutama pada lebar bentang yang agak besar. Kon-

struksi loteng bersifat statis sebagai pelat beton bertulang satu arah saja. Jikalau kita membangun konstruksi pelat-balok dengan elemen-elemen yang statis tidak berfungsi dan yang didukung oleh balok beton bertulang, maka sebenarnya konstruksi ini menjadi konstruksi loteng balok seperti misalnya konstruksi loteng kayu dan sebagainya.

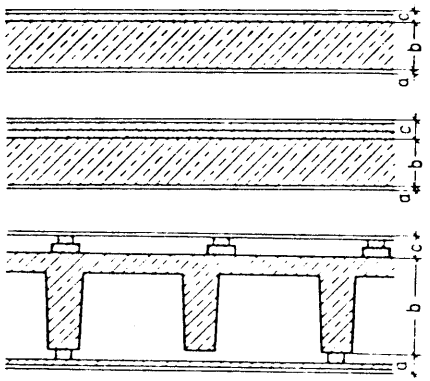


a) Konstruksi pelat-balok beton bertulang d ⩾ 7 cm
b) Konstruksi pelat-balok beton bertulang dengan elemen-elemen isian yang mempermudah bekisting d ⩾ 1/10 a ⩾ 5 cm
c) Konstruksi balok dan elemen-elemen beton bertulang
d) Konstruksi balok beton bertulang dengan elemen-elemen misalnya dari lempung terbakar dan sebagainya

Gambar 7.12.

c) Macam-macam konstruksi loteng menurut lapisannya

Seperti telah dikatakan, boleh kita membedakan konstruksi loteng atas konstruksi loteng berlapis satu, konstruksi loteng berlapis dua atau konstruksi loteng berlapis tiga menurut pembangunannya dengan konstruksi lantai dan langit-langit, seperti terlihat pada gambar-gambar berikut:



Bagian masing-masing berarti:

a = Langit-langit plesteran; b = Konstruksi loteng beton bertulang (pelat masif); c = Lantai plesteran beton dan lapisan lantai dari kayu (parket) tanpa peredam suara

a = Langit-langit plesteran; b = Konstruksi loteng beton bertulang; c = Lantai dengan peredam suara, plesteran beton berlapis dua dan lapisan lantai permadani

a = Konstruksi langit-langit gantung; b = Konstruksi loteng beton bertulang (pelat-balok); c = Konstruksi lantai kayu di atas strip bahan peredam suara (soft-board dsb.)

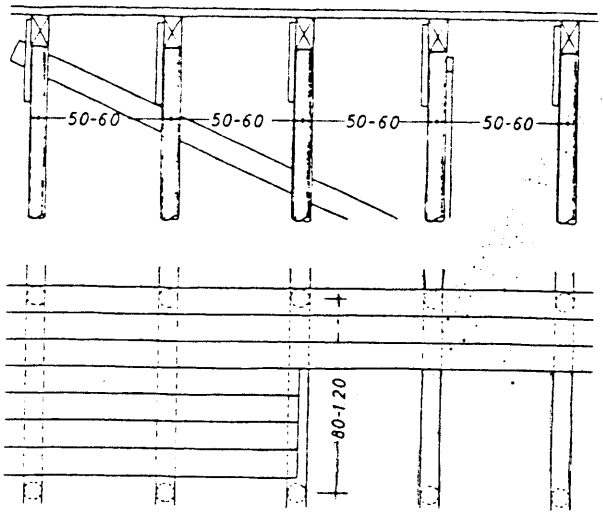
Gambar 7.13

7. 3. 2. Bekisting loteng beton bertulang

Pengetahuan dasar tentang bekisting loteng beton bertulang dapat dilihat pada bab 5.2.4. (Bekisting dinding dan kolom beton). Konstruksi bekisting loteng beton bertulang dapat dilakukan dengan macam-macam cara. Walaupun bekisting biasanya terdiri dari papan-papan bekisting, boleh juga diganti dengan multiplex. Jikalau kita menggunakan multiplex, kita boleh mengurangi tebalnya papan bekisting sekitar 5 mm. Pada bekisting loteng beton bertulang bisa juga digunakan asbes-semen gelombang (Eternit) sebagai papan bekisting atau seng bergelombang khusus yang juga berfungsi sebagai sebagian tulangan pelat beton bertulang. Atas dasar pengetahuan ini kita akan memperhatikan bekisting kayu, bekisting asbes-semen gelombang dan bekisting seng bergelombang khusus (Bondek). Sebenarnya konstruksinya semua sama dengan bekisting dari kayu. Hanya papan-papan bekisting diganti bahan bangunan lain.

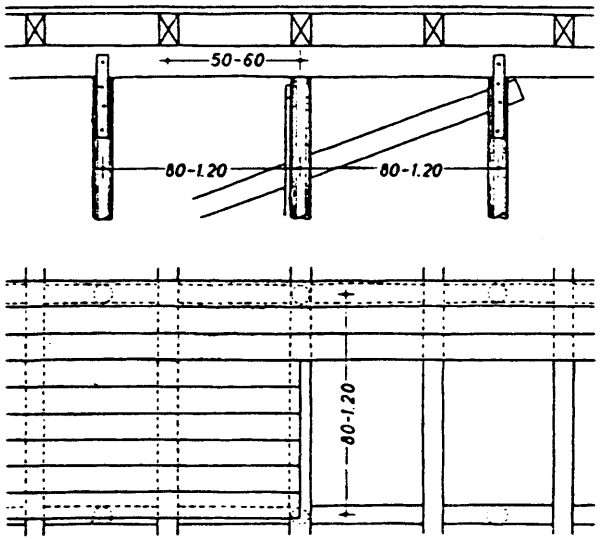
a) Bekisting kayu

Salah satu konstruksi yang sederhana ialah bekisting loteng seperti berikut: Papan-papan bekisting setebal 24 mm/1" dan selebar paling sedikit 12 cm didukung oleh balok melintang dengan jarak tidak lebih daripada 60 cm. Balok melintang ini ditumpu setiap 80 cm s/d 120 cm dengan sebuah tiang kayu, bambu atau baja, seperti terlihat pada gambar berikut:

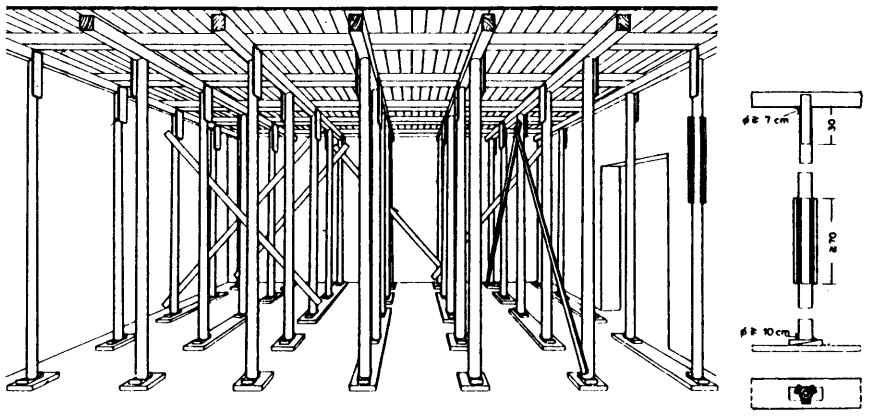


Gambar 7.14.

Jikalau pada konstruksi di atas jumlah tiang yang besar mengganggu pekerjaan lanjutan, maka sering juga digunakan konstruksi bekisting loteng beton bertulang berikut: di bawah papan-papan bekisting dan balok melintang seperti telah ditentukan kita tidak memasang langsung tiang-tiang, melainkan suatu balok pendukung dengan jarak 80 cm s/d 120 cm. Baru balok pendukung ini ditumpu dengan tiang-tiang tersebut di atas seperti terlihat pada gambar-gambar berikut:

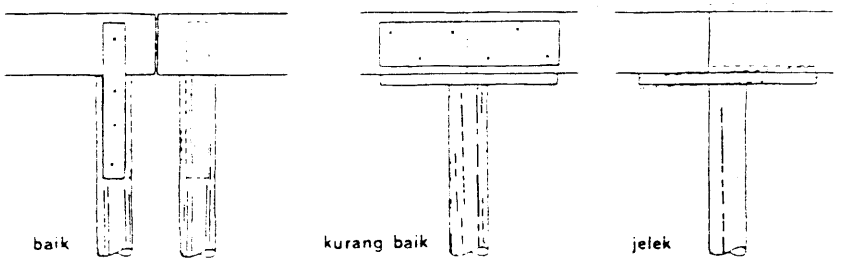


Gambar 7.15.



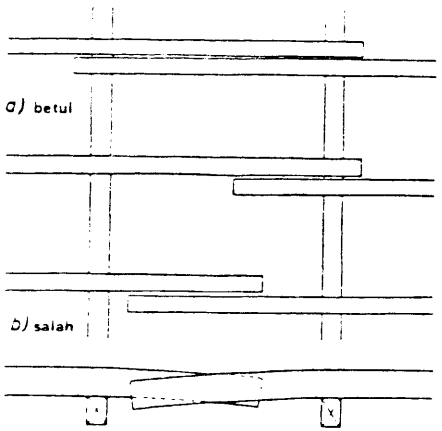
Gambar 7.16.

Sambungan-sambungan antara tiang-tiang dan balok pendukung atau balok melintang dilakukan dengan cara berikut:



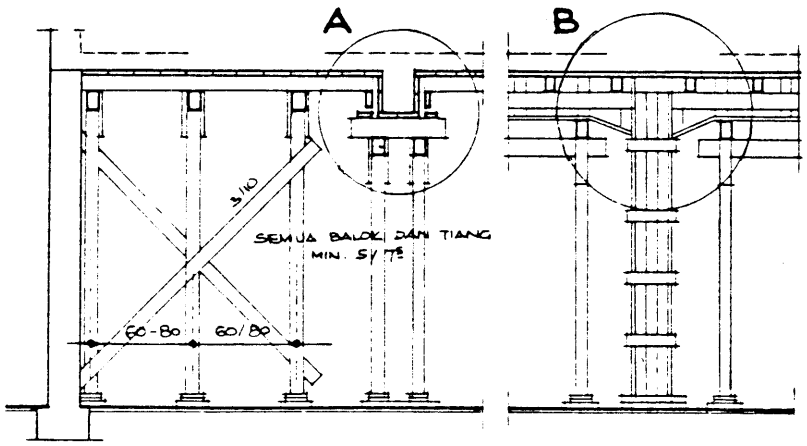
Gambar 7.17.

Sambungan-sambungan balok melintang di atas balok pendukung harus dilakukan seperti berikut:



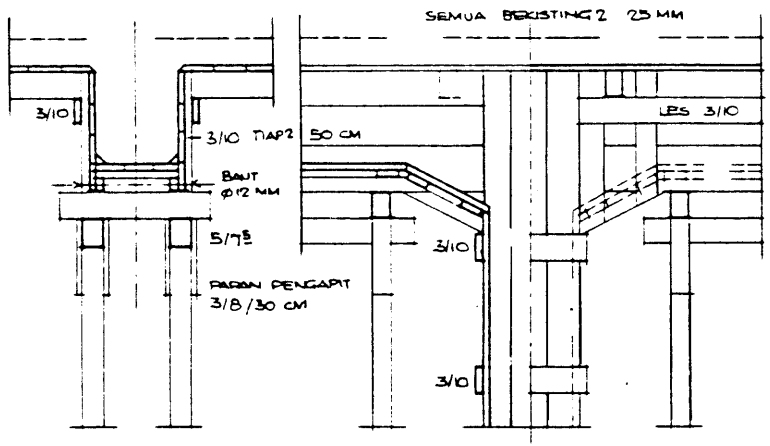
Gambar 7.18.

Detail-detail yang kemudian harus diperhatikan dengan khusus ialah hubungan konstruksi loteng beton bertulang dengan dinding yang menerima beban dan dengan kolom atau balok pendukung dari beton bertulang. Salah satu kemungkinan untuk bekisting loteng dengan kolom dan balok pendukung terdapat pada gambar berikut:



Potongan bekisting loteng

Pandangan bekisting kolom

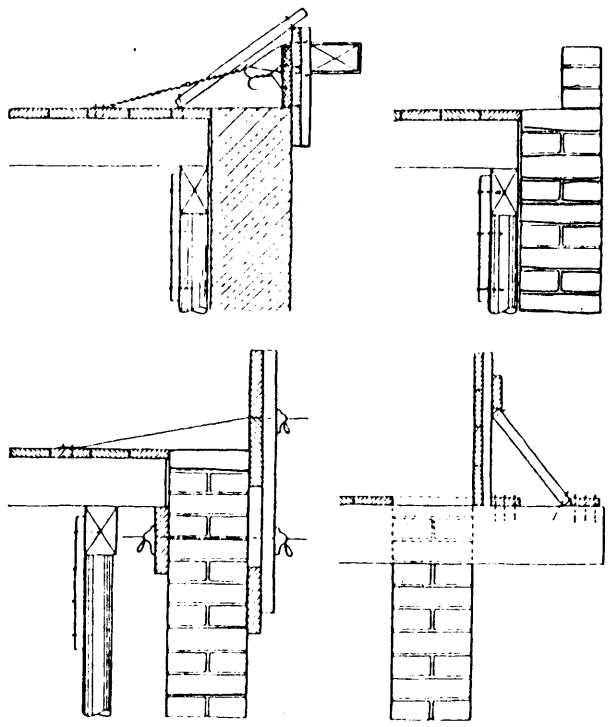


Detail A — Potongan

Detail B — Pandangan

Gambar 7.19.

Konstruksi bekisting untuk tepi loteng beton bertulang dapat dipelajari pada gambar-gambar 7.20, dan 7.21. yang memperlihatkan 4 macam cara bekisting tepi berikut:



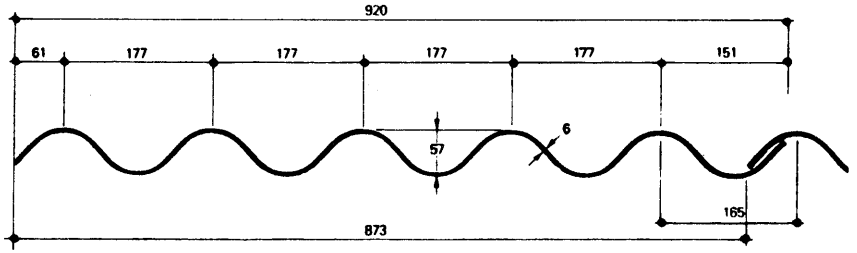
Gambar 7.20.

Gambar 7.21.

b) Bekisting asbes-semen gelombang (Eternit)

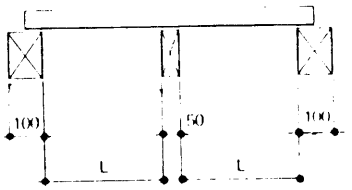
Asbes-semen gelombang biasanya kita gunakan sebagai papan bekisting jikalau harga papan-papan bekisting lebih tinggi daripada asbes-semen gelombang, pada tempat-tempat yang kemudian tidak bisa kita bongkar bekas bekistingnya (bekisting yang hilang) atau pada loteng yang permukaan harus bergelombang dan sebagainya.

Potongan asbes-semen gelombang setebal 6 mm bergelombang menurut gambar berikut:

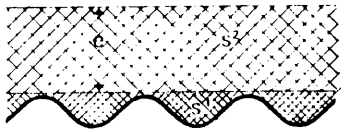


Gambar 7.22

Konstruksi dasar untuk bekisting asbes-semen sama seperti pada konstruksi kayu, akan tetapi ukuran-ukuran balok melintang dan jaraknya tergantung dari beban (tebalnya loteng yang akan dicor). Penentuan jarak kita lakukan menurut gambar dan tabel berikut:



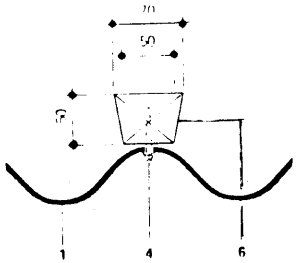
Gambar 7.23.



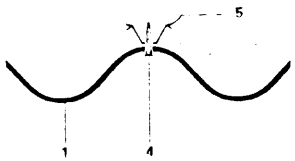
Gambar 7.24.

Loteng beton tebal e	Beban merata				Gaya pusat	Jarak maksimal
	bobot asbes-semen	beban oleh beton		beban total		
		S_1	S_2			L
cm	kg/m²	kg/m²	kg/m²	kg/m²	kg	cm
5	16	63	125	204	100	94
10	16	63	250	329	100	80
15	16	63	375	454	100	70
20	16	63	500	579	100	64
25	16	63	625	704	100	60
30	16	63	750	829	100	55

Karena adanya bahaya suatu pelat asbes-semen gelombang akan lepas dari loteng dan jatuh ke bawah, walaupun permukaan kasarnya yang dihubungkan dengan beton, maka kita perlu menanam angker dari kayu atau besi paling sedikit empat buah per pelat asbes-semen gelombang. Lihat gambar-gambar berikut:



Gambar 7.25.

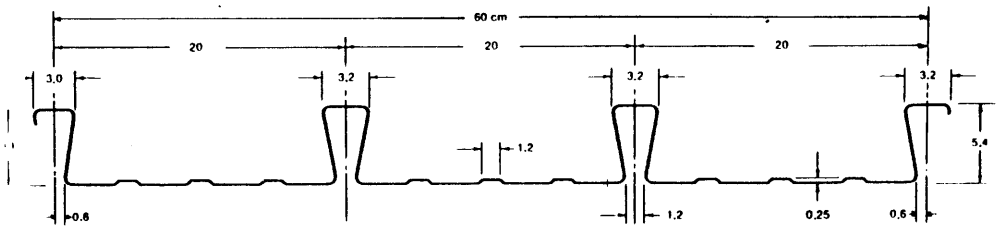


Gambar 7.26.

1 = Pelat asbes-semen gelombang; 4 = sekrup kayu atau sekrup baja yang mentap sendiri; 5 = angker baja; 6 = angker kayu

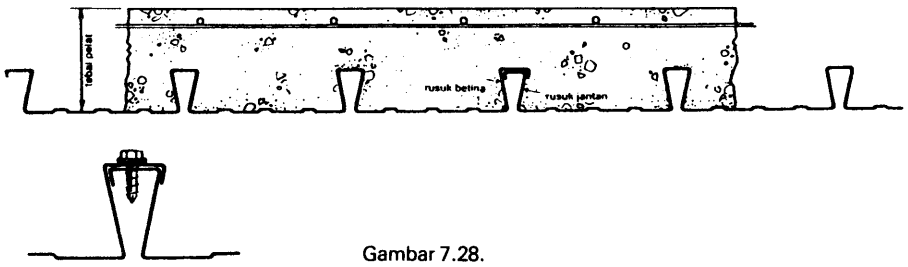
c) Bekisting seng bergelombang khusus (Bondek)

Seperti telah ditentukan pada bekisting asbes-semen, juga pada konstruksi bekisting seng bergelombang khusus kita menggunakan konstruksi bekisting dari kayu yang biasa. Keuntungan bekisting seng bergelombang khusus ialah penggunaan/pemasangan dalam jangka waktu yang singkat karena panjangnya pelat sampai 12.00 m. Seng bergelombang khusus kemudian juga bekerja sebagai pengganti tulangan beton sebagian. Potongan dengan tebalnya 0,75 mm atau 1,00 mm menurut gambar berikut:



Gambar 7.27.

Pemasangan seng bergelombang khusus pada konstruksi bekisting dari kayu dapat dipaku. Biasanya seng bergelombang khusus digunakan pada konstruksi kerangka baja, karena dengan begitu bekisting tidak perlu lagi. Seng bergelombang khusus dapat dipasang pada balok melintang profil baja dengan mempergunakan las listrik atau dengan paku baja yang ditembakkan. Pemasangan pada konstruksi dinding batu buatan tidak perlu pengikatan atau pemakuan seng bergelombang khusus itu pada pasangan batu buatan, bila beton segera dicor setelah seng tersebut selesai dipasang. Jikalau pengikatan masih dibutuhkan untuk menghindari pergeseran oleh tekanan angin dan sebagainya, sebaiknya digunakan paku yang cukup besar.
Sambungan-sambungan pada tumpangan samping dibuat dengan pinggir rusuk betina, yang dapat tepat menumpang pada pinggir rusuk jantan dari lembaran berikutnya. Untuk mendapatkan sambungan yang baik dan rata tumpangan samping harus diikat pada jarak maksimal 1.20 m, sebaiknya dengan sekrup baja yang mentap sendiri, bergaris-tengah 4,8 mm dan panjang 20 mm yang dipasang dari bagian atas rusuk yang saling bertumpangan. Lihat gambar berikut:



Gambar 7.28.

7. 3. 3. Baja tulangan

Sesudah bekisting loteng beton bertulang siap baru dapat dipasang baja tulangan. Terbagi atas baja tulangan polos (permukaan yang licin), baja tulangan berkelar dan jaringan baja tulangan.
Setiap jenis baja tulangan yang dihasilkan oleh suatu pabrik baja yang terkenal dapat dipakai. Pada umumnya setiap pabrik baja mempunyai standar mutu dan jenis baja, sesuai dengan yang berlaku di negara yang bersangkutan. Namun demikian, pada umumnya baja tulangan yang terdapat di pasaran Indonesia dapat dibagi dalam mutu-mutu yang tercantum dalam tabel berikut:

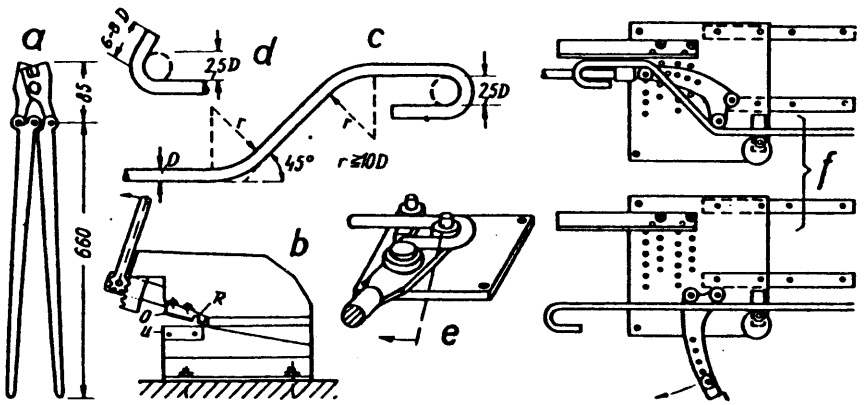
Mutu baja tulangan		
Mutu	sebutan	Tegangan leleh karakteristik (σ_{ab}) atau tegangan karakteristik yang memberikan regangan tetap 0,2% ($\sigma_{0,2}$)
U – 22	baja lunak	2.200 kg/cm²
U – 24	baja lunak	2.400 kg/cm²
U – 32	baja sedang	3.200 kg/cm²
U – 39	baja keras	3.900 kg/cm²
U – 48	baja keras	4.800 kg/cm²

Yang dimaksudkan dengan tegangan leleh karakteristik dan tegangan karakteristik yang memberikan regangan tetap 0,2%, adalah tegangan, di mana dari sejumlah besar hasil-hasil pemeriksaan, kemungkinan adanya tegangan yang kurang dari tegangan tersebut, terbatas sampai 5% saja. Tegangan leleh minimum dan tegangan minimum yang memberikan regangan tetap 0,2% yang dijamin oleh pabrik pembuatnya dengan sertifikat, dapat dianggap sebagai tegangan karakteristik bersangkutan. Baja tulangan dengan mutu yang tidak tercantum dalam daftar di atas dapat dipakai, asal mutu tersebut dijamin oleh pabrik pembuatnya dengan sertifikat.
Baja tulangan dengan mutu yang meragukan harus diperiksa di lembaga pemeriksaan bahan-bahan yang diakui. Lembaga tersebut selanjutnya akan memberikan pertimbangan-pertimbangan dan petunjuk-petunjuk dalam penggunaan jenis baja tersebut.

a) Batang baja tulangan

Baja tulangan menurut bentuknya dibagi dalam batang polos dan batang yang diprofil. Yang dimaksud dengan batang polos adalah batang prismatis berpenampang bulat, persegi, lonjong dan lain-lain dengan permukaan licin. Yang dimaksud dengan batang yang diprofil adalah batang prismatis atau dipuntir, yang permukaannya diberi rusuk-rusuk yang terpasang tegak lurus atau miring terhadap sumbu batang, dengan jarak antara rusuk-rusuk tidak lebih dari 0,7 kali diameter pengenalnya.

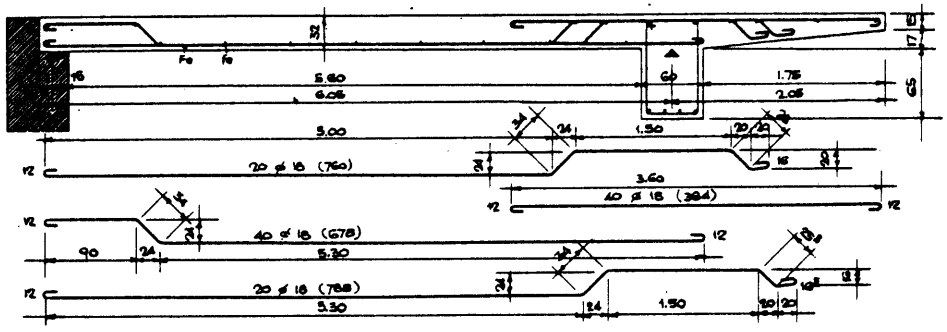
Bagi perhitungan statika konstruksi beton bertulang harus diperhatikan peraturan beton bertulang Indonesia NI-2 1971.
Pembentukan baja tulangan harus dilakukan dengan teliti menurut gambar-gambar. Jari-jari pada suatu pembengkokan dipilih tidak kurang dari r = 10 D (D sebagai garis-tengah baja tulangan). Pada suatu kaitan pada ujung baja tulangan boleh juga dipilih jari-jari minimal r = 2,5 D. Untuk pembentukan baja tulangan maka perlu alat-alat khusus seperti berikut:



Gambar 7.29.

a) Gunting untuk baja tulangan dengan garis-tengahnya kecil; b) Gunting untuk baja tulangan dengan garis-tengahnya besar; c) dan d) Jari-jari minimal pada pembengkokan dan kaitan pada ujung; e) Alat untuk membentuk kaitan pada ujung baja tulangan; f) Alat khusus untuk membentuk baja tulangan.

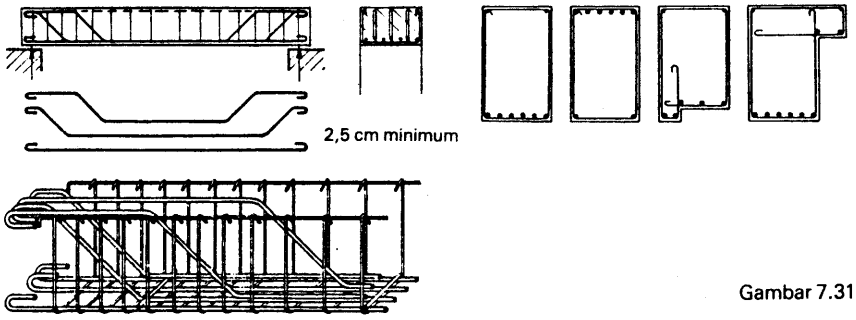
Untuk perusahaan-perusahaan yang besar tentu saja lebih efisien, jikalau dipakai mesin untuk membentuk baja tulangan.
Pemasangan batang baja tulangan yang telah dibentuk harus dilakukan dengan teliti. Baja tulangan tidak boleh kena bekisting sedikit pun, karena bahaya berkarat. Pada konstruksi bangunan yang terlindung, baja tulangan harus berjarak 2 cm dari bekisting dan pada konstruksi tidak terlindung atau di dalam air, baja tulangan harus berjarak 3 cm dari bekisting.
Penyediaan gambar dan daftar baja tulangan untuk loteng beton bertulang perhatikan gambar dan daftar berikut:



Gambar 7.30.

Daftar baja tulangan							
Nomor	Banyak-nya	Ø mm	Bentuk	Panjang batang m	Panjang total m	Berat kg/m	Berat total kg
1	20	18		7.60	152.0	2.00	304
2	40	18		3.84	153.6	2.00	307
3	40	18		6.78	271.2	2.00	543
4	20	18		7.88	157.6	2.00	315
5	18	10		6.00	108.0	0,62	67
6	40	10		2.60	104.0	0,62	65
7	6	22		6.35	38.1	2.98	114
					+ 5% toleransi/potongan		85
					Berat baja tulangan total		1.800

Pada balok beton bertulang penyediaan gambar dan pemasangan baja tulangan dapat dilakukan menurut gambar-gambar berikut:



Gambar 7.31.

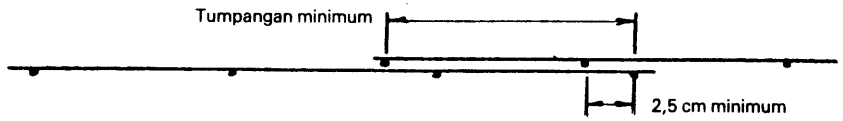
b) Jaringan baja tulangan

Jaringan baja tulangan, di Indonesia misalnya jaring BRC, sangat cocok untuk loteng beton bertulang maupun lantai beton yang terletak di tanah. Juga mencakup baik dinding penahan maupun dinding pemikul-beban pada gedung-gedung. Ini berarti, jaringan baja tulangan dapat digunakan di mana saja, yang memerlukan pelat beton yang agak luas. Jaringan baja tulangan tidak efisien pada balok pendukung beton bertulang, kolom dan cendawan beton bertulang.

Ukuran standar jaring BRC yang dibuat di Jakarta ialah panjang 5.40 m pada lembar dan 54.00 m pada gulungan. Lebarnya semua 2.10 m. Kawat yang digunakan bergaris-tengah 4 mm s/d 9 mm. Lebih aman dan mudah, baik dalam pengangkutan maupun pemasangan di tempat kerja, kalau semua jaringan dibuat dengan kawat lintangnya terpotong rata pada sisi-sisinya. Pada ujung-ujung lembaran jaringan, juntaian kawat ujung separuh jarak antara kawat lintang; jadi 7,5 cm untuk jaringan 15/15 cm dan 10 cm untuk mata jaringan 10/20 cm dan sebagainya.

Pada pemasangan jaringan penting sekali, bahwa kawat utama diletakkan pada arah yang benar. Agar kesalahan-kesalahan dapat dihindarkan, panjang lembaran selalu diambil sebagai panjang kawat utama.

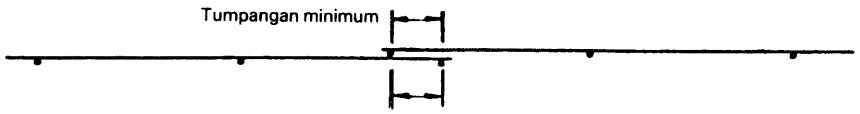
Yang harus diperhatikan dengan khusus pada penggunaan jaringan baja tulangan ialah perincian tentang tumpangan. Suatu tumpangan akan memperoleh tegangan leleh sepenuhnya, kalau lembar itu berimpitan sejauh dua kampuh las, ditambah sekurang-kurangnya 2,5 cm.



Tumpangan sekuat tegangan leleh

Gambar 7.32.

Suatu celah tumpangan akan memperoleh separuh tegangan leleh, jikalau lembar-lembar itu berimpitan dengan satu kawat, ditambah paling sedikit 2,5 cm. Tambahan sebesar 2,5 cm ini akan membantu, agar beton tersebut dapat padat di sekitar kawat-kawat itu.

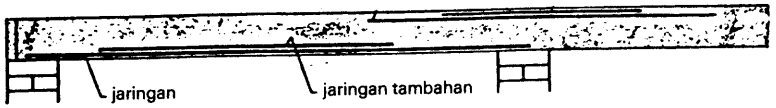


Tumpangan separuh tegangan leleh

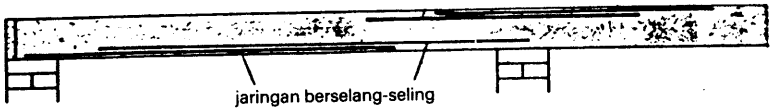
Gambar 7.33.

Jikalau tumpangan tidak ditentukan, kita harus menggunakan tumpangan satu mata jaringan penuh (lihat gambar 7.32.). Gambar di atas menunjukkan bagaimana kita dapat memperoleh tumpangan berkekuatan penuh, namun demikian harus kita perhatikan benar-benar, agar tumpangan ditempatkan di titik-titik yang bertegang-

an tarik rendah dan dengan cara menghindari terjadinya kongesti jaringan tersebut. Kepadatan beton yang baik akan sulit tercapai, jikalau tumpangan jaringan tidak ditempatkan dengan seksama.
Letak yang diizinkan bagi tumpangan akan ditunjuk oleh insinyur bangunan pada gambar-gambar yang bersangkutan. Biasanya bagi pelat-pelat tergantung, titik letak ini akan berada di dekat penyangga bagi penulangan bagian bawah, dan di rentangan tengah bagi penulangan atas. Sering juga digunakan suatu lembaran jaringan tambahan pada titik-titik yang bertegangan tarik tinggi, seperti terlihat pada gambar-gambar berikut:



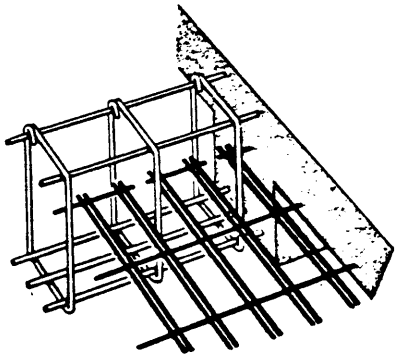
Letakkan jaringan tambahan



Letakan jaringan tambahan berselang-seling

Gambar 7.34.

Semua tulang harus dipasang dengan teliti dan kokoh pada posisi masing-masing, sebelum pengecoran beton dimulai. Pada konstruksi loteng beton bertulang pelat-balok, balok-balok dicor bersama-sama dengan pelat beton, peletakan lembaran jaringan dengan tulangan baja pada bagian balok dapat dipelajari pada gambar berikut:



Gambar 7.35.

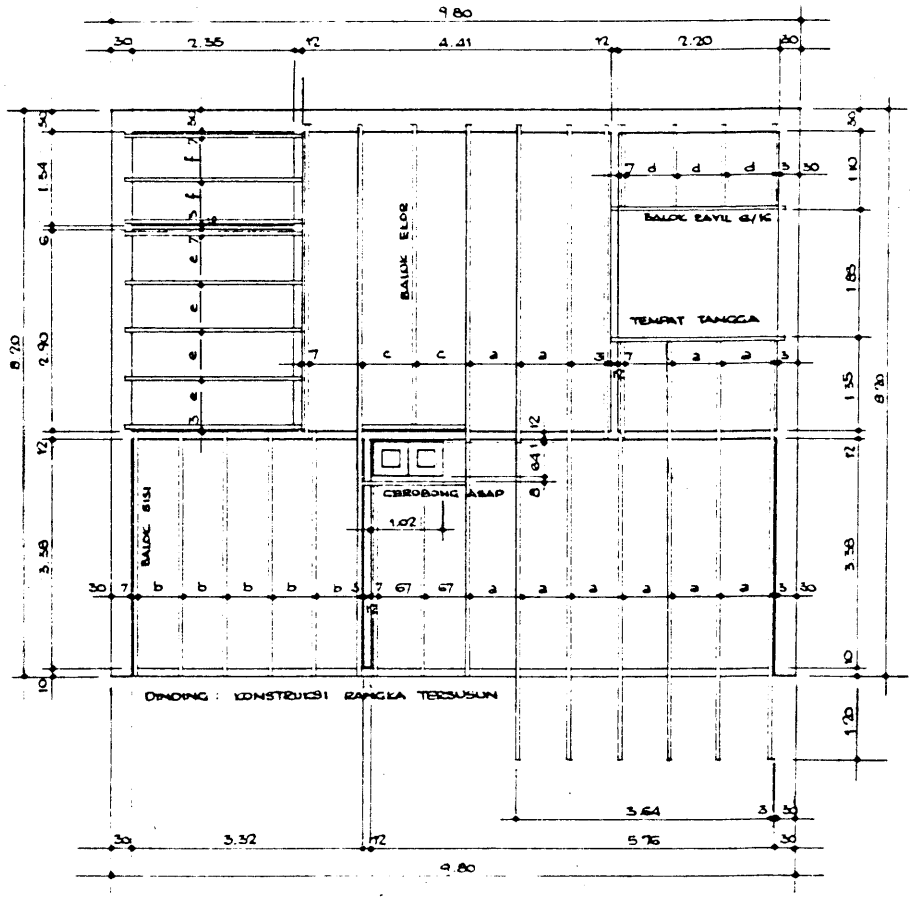
Persiapan beton, cara mencampur semen portland, kerikil, pasir dan air beserta pekerjaan perawatan telah kita perhatikan pada bab 5.2.3. (Persiapan beton).

7. 4. Konstruksi Loteng Kayu

7. 4. 1. Pasangan balok lantai dan balok loteng

Balok lantai: balok lantai merupakan konstruksi kayu yang terbawah untuk menopang lantai. Untuk bangunan pada tiang di atas permukaan air, juga disebut sloof (bahasa Belanda). Biasanya dibuat dari kayu Jati/Ulin. Jenis kayu lainnya juga mungkin, asal diberi perlindungan obat. Dapat dikatakan di sini, bahwa koolteer bukan merupakan alat pelindung yang cukup baik. Kalau seluruh balok itu diter, ada bahayanya timbul kelapukan pengeringan, karena ter tadi menutupi semua pori-pori di seluruh permukaan kayu.

Balok loteng: pada bangunan yang lebih tinggi, balok loteng memisahkan dua tingkat (dua ruang di atas dan di bawahnya). Sekaligus ia juga menopang langit-langit dan lapisan lantai. Di samping itu ia juga menjadi batas antara ruang yang teratas dengan kuda-kuda atap, serta dibebani kuda-kuda atap.
Pada perencanaan konstruksi loteng kayu, balok lantai dan balok loteng, konstruksi lantai dan langit-langit, kita selalu harus memperhatikan ukuran-ukuran bahan bangunan yang dipasarkan di tempat.
Kita menggambar konstruksi balok lantai atau balok loteng di atas suatu denah rumah itu. Balok-balok selalu diletakkan siku-siku pada dinding yang menerima beban dengan arah lebarnya ruang (sisi yang pendek) sehingga momen sekecil mungkin. Jarak balok-balok dipilih seragam antara 45 cm (konstruksi rangka terusan) dan 70 cm (konstruksi rangka tersusun). Jikalau mungkin dipilih balok-balok, sehingga mendapat balok terusan yang lebih ekonomis daripada balok tunggal saja. Tingginya balok tidak boleh melebihi 24 cm dengan perbandingan lebarnya : tingginya balok tidak lebih daripada 1 : 2,5. Lebarnya tumpuan di atas dinding, kolom dan sebagainya seharusnya minimal 0,7 dari tingginya balok. Ujung balok pada tumpuan tidak boleh ditanam padat dalam konstruksi dinding, pada sisi dan ujung selalu harus diadakan 2 cm udara. Kecuali kalau balok itu sudah kering sekali (kadar air kurang dari 18%) ujung balok (kepala) boleh diselimuti dengan kertas aspal atau dicat dengan obat yang mengandung oli.
Sebagai contoh gambar balok loteng diberi denah berikut:

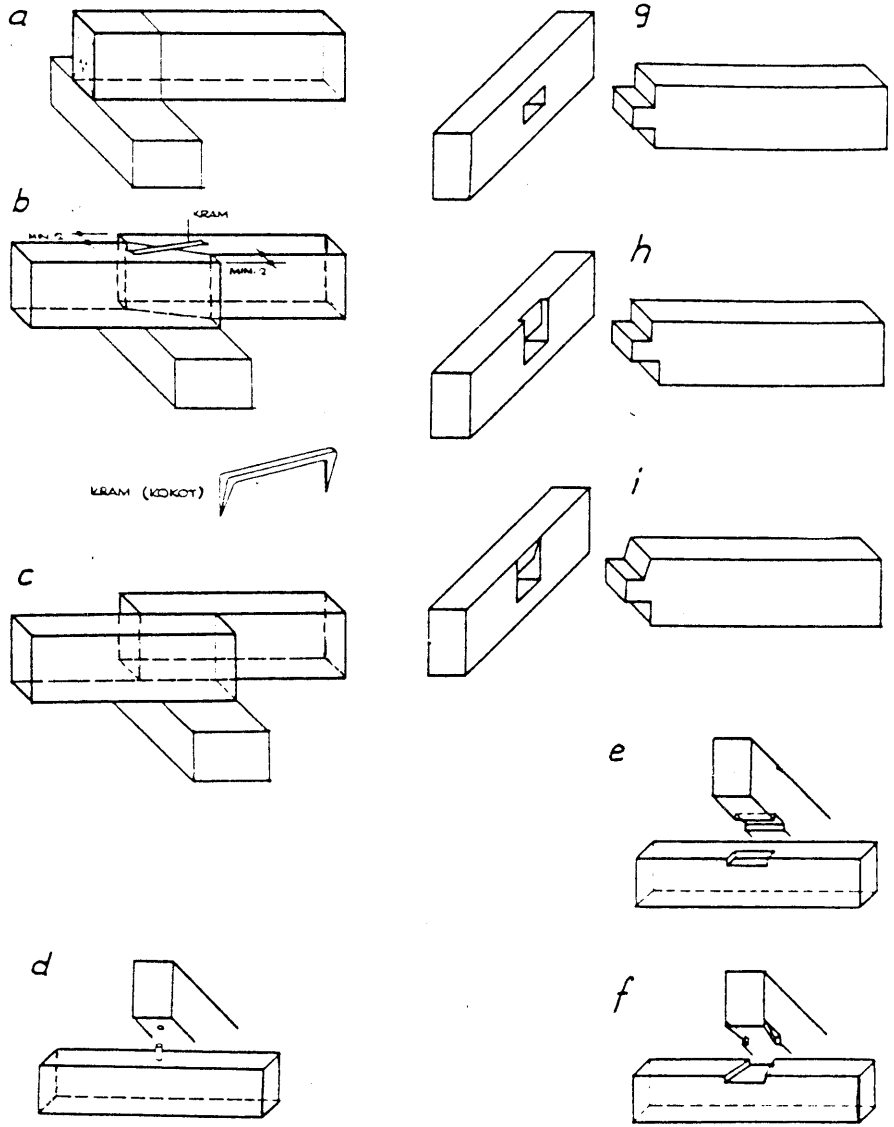


Gambar 7.36.

Perhitungan jarak balok masing-masing:

a = 364 — 4 = 360 : 5 = 72 cm
b = 332 — 10 = 322 : 5 = 64,4 cm
c = 576 + 12 = (6 × 72) = 156 : 2 = 78 cm
d = 220 — 10 = 210 : 3 = 70 cm
e = 290 — 10 = 280 : 4 = 70 cm
f = 134 — 10 = 124 : 2 = 62 cm

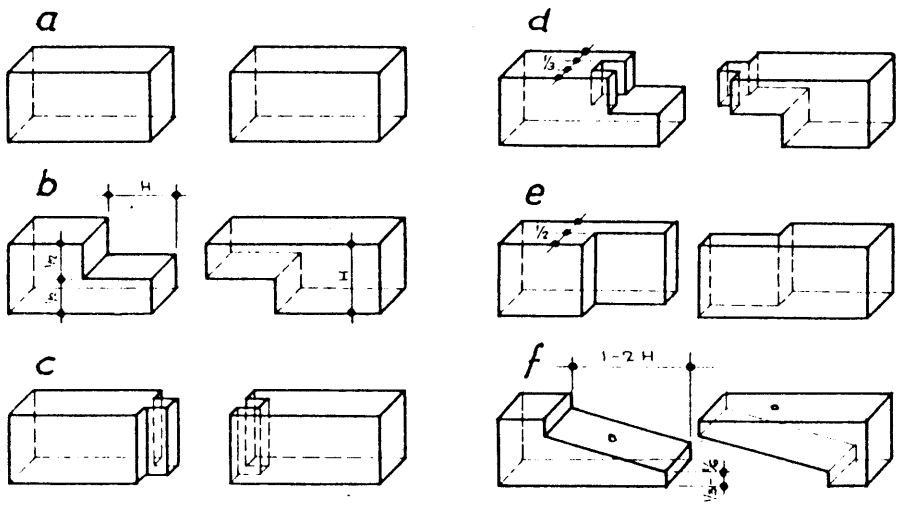
Peletakan dan sambungan-sambungan balok di atas tumpuan dinding batu dan konstruksi kayu beserta sambungan pen dan lubang dapat dilihat pada gambar-gambar berikut:



Gambar 7.37.

a) Peletakan (dibungkus dengan kertas aspal atau dicat dengan obat yang mengandung oli); b) Sambungan miring; c) Sambungan bersisian; d) Sambungan dengan pasak; e) Sambungan takikan bertingkat; f) Sambungan ekor burung tersembunyi; g) Pen biasa; h) Pen dengan dada rata; i) Pen dengan dada miring.

Sambungan memanjang yang digunakan pada konstruksi loteng diterangkan dengan isometri-isometri berikut:



Gambar 7.38.

a) Sambungan tumpul lurus; b) Sambungan bibir lurus; c) Sambungan pen; d) Sambungan pen dengan bibir lurus; e) Sambungan bibir lurus berdiri; f) Sambungan bibir miring (harus dipasang selalu secara bergantung dengan baut pengikat)

7. 4. 2. Letak dan nama balok masing-masing

Sesuai dengan tempat dan tugasnya, maka balok masing-masing dalam suatu susunan balok, ada namanya sendiri-sendiri, yaitu:

Balok utuh: semua balok, yang melintang tanpa topang dan sambungan pada seluruh lebar bangunan dan pada kedua ujungnya bertumpu pada dinding luar. Dinding antara bisa bertugas sebagai tempat/titik bertumpu antara. Dihitung sebagai balok terusan, momen tumpuan menentukan ukuran balok.

Balok ravil: bisa pada kedua ujungnya terletak pada dinding atau pada satu atau dua ujungnya dihubungkan dengan pen pada balok lain. Digunakan untuk merangkum lubang tangga atau cerobong asap dan sebagainya.

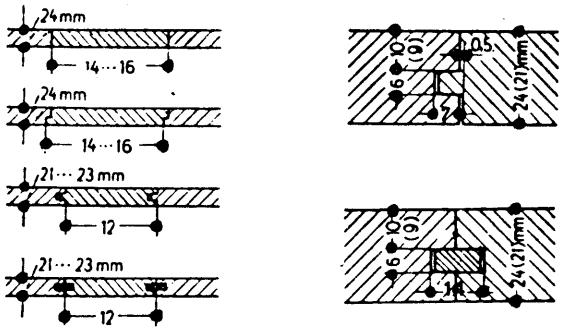
Balok ekor: pada satu ujungnya terletak pada dinding. Pada ujung yang lain ia disambung pada suatu balok ravil. Sambungan ini dilakukan dengan pen dengan dada rata atau dengan dada miring.

Balok sisi: terdapat sepanjang dinding batu/tembokan. Agar tidak terjadi hubungan langsung antara bangunan batu dengan bangunan kayu, maka harus ada speling minimal 2 cm s/d 3 cm, antara dinding yang belum diplester dengan balok sisi.

7. 4. 3. Konstruksi lantai dan pemasangan macam-macam langit-langit

a) Konstruksi lantai kayu

Konstruksi lantai kayu yang paling sederhana ialah papan-papan yang langsung terletak dan dipaku di atas konstruksi balok loteng. Papan-papan yang digunakan seharusnya paling sedikit 20 mm tebalnya dengan lebar 9 cm s/d 14 cm dengan sambungan sisinya tumpul, bersponing, beralur-lidah atau berilat seperti terlihat pada gambar berikut:

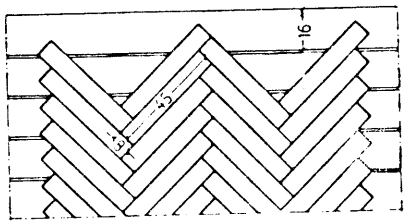


Gambar 7.39.

Jikalau kita pilih sambungan sisi dengan alur-lidah, yang memang paling baik, ukuran lidah seharusnya setebal minimal 6 mm dan lebarnya minimal 7 mm. Pemakuan selalu dilakukan tersembunyi di dalam bagian lidah. Sambungan-sambungan memanjang harus dipasang selang-seling dan selalu di pertengahan sebuah balok loteng.

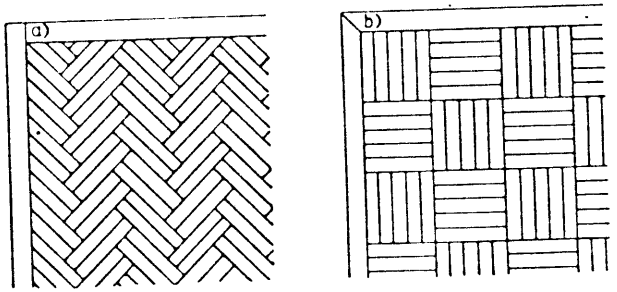
Tentu saja ini menjadi lantai yang sederhana saja. Biasanya pada bangunan rumah tinggal yang bertingkat, kita memilih suatu konstruksi yang lebih mewah, yaitu dengan dua lapis. Lapis pertama menjadi lantai dasar yang terdiri dari papan-papan setebal minimal 25 mm dengan lebarnya 6 cm s/d 12 cm yang dipasang siku-siku atau bersudut 45° di atas konstruksi balok loteng dengan selisih di antara papan masing-masing 1 cm s/d 2 cm. Sebagai lantai dasar dapat juga digunakan multiplex setebal minimal 19 mm.

Di atas lantai dasar ini dipasang lantai parket, jangan dikelirukan dengan lapisan lantai dari kayu (parket), yang merupakan papan-papan tipis-kecil yang dilem pada lantai beton dan sebagainya. Yang dinamakan lantai parket ialah kayu masif, biasanya dengan panjang antara 20 cm s/d 65 cm, lebar 45 mm s/d 110 mm dan dengan tebal antara 18 mm dan 21 mm. Parket masif selalu diikat keliling les lidah juga harus dipasang keliling papan parket masing-masing. Pemakuan dilakukan tersembunyi ke dalam lantai dasar. Menurut cara pemasangan kita terdapat lantai parket masif seperti berikut:



Pemasangan lantai parket tulang ikan

Gambar 7.40.



a) Lantai parket tulang ikan kembar
b) Lantai parket dadu
c) Lantai parket kaset
d) Lantai parket kapal

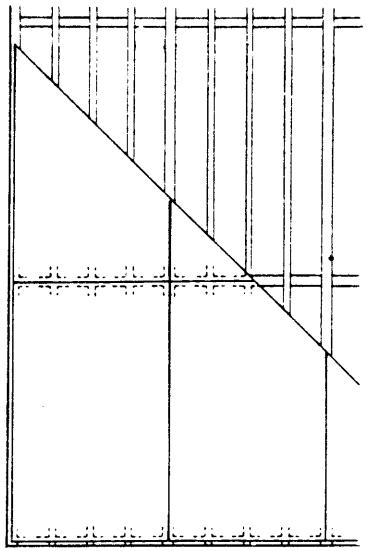
Gambar 7.41.

b) Langit-langit

Pada pemasangan langit-langit harus diperhatikan peraturan bangunan nasional pasal II.303, ayat 4 s/d 7, yang pada bangunan perumahan menentukan tinggi ruang/kamar minimal sekurang-kurangnya 2.40 m, dengan kekecualian kalau langit-langitnya/kasau-kasaunya miring sekurang-kurangnya ½ dari luas ruang mempunyai tinggi ruang 2.40 m dan tinggi ruang selebihnya pada titik terendah tidak kurang dari 1.75 m. Pada ruang cuci dan kamar mandi/kakus diperbolehkan sampai sekurang-kurangnya 2.10 m.

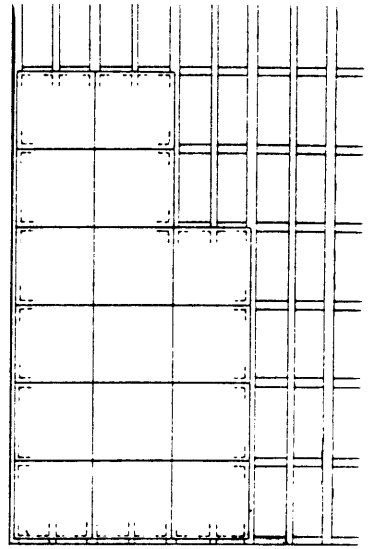
Konstruksi langit-langit biasanya terdiri dari dua lapis, yaitu rangka (penggantung) dan penutup langit-langit. Konstruksi rangka langit-langit sebenarnya hampir tidak berbeda, apa pun yang dipilih sebagai penutup. Rangka langit-langit untuk kuda-kuda biasa dibuat dari kayu ukuran 5/7,5 cm (2"/3") yang dipasang berselang-seling. Pada kuda-kuda papan untuk rangka langit-langit cukup dengan menggunakan kayu reng berukuran 3/4 cm.

Sebagai penutup langit-langit digunakan asbes-semen (Eternit) yang datar, 4 mm tebal dan biasanya dipasarkan dalam ukuran 100/100 cm. Pada bangunan yang lebih sederhana digunakan bilik atau papan-papan kayu. Bilik dan papan langit-langit, bila digunakan kayu yang tidak awet harus diawetkan dengan bahan pengawet (obat) terlebih dahulu. Kemungkinan lain ialah penggunaan kayu triplex setebal 4 mm atau 9 mm.



Penutup langit-langit dari kayu triplex

Gambar 7.42.



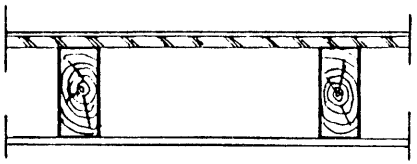
Penutup langit-langit dari pelat asbes-semen

Gambar 7.43.

Pada ruang-ruang yang basah seperti dapur, kamar mandi, kakus dan sebagainya sering juga digunakan loteng plesteran. Dasarnya di bawah rangka langit-langit menjadi les-les kecil yang dipaku dengan siar 5 mm atau dengan lapisan kawat ayam. Sebagai bahan plesteran digunakan campuran 4 bagian (volume) pasir : 2 bagian kapur : 1 bagian gipsum.

c) Penahan suara

Walaupun dalam rangka buku ini tidak ada keterangan tentang fisika bangunan toh perlu diperhatikan hal penahan suara pada konstruksi loteng dari kayu. Memang pasti sudah diketahui, bahwa konstruksi loteng dari kayu biasanya penahannya suara jelek sekali. Perbaikan kelemahan konstruksi loteng dari kayu ini bisa dilakukan dengan berbagai macam konstruksi lantai dan konstruksi langit-langit, asal tidak ada jalan langsung untuk suara dari ruang atas ke ruang bawah dan sebaliknya. Pengatasan hal ini dapat dilakukan seperti berikut:

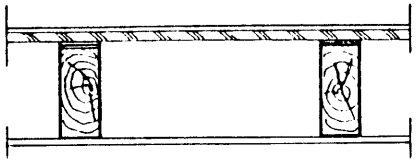


Lapisan lantai
Lantai dasar multiplex

Langit-langit

Gambar 7.44.

Menggunakan lantai dasar dari multiplex (lihat bab 7.4.3.a.) dan lapisan lantai permadani (lihat bab 7.1.4.). Karena permadani menjadi 'lemah' maka tidak diterima dan disalurkan suara.

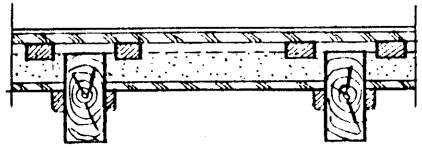


Lapisan lantai
Lantai dasar multiplex
Pelat serat (softboard)

Langit-langit

Gambar 7.45.

Menggunakan lantai dasar yang 'berenang', yaitu lantai dasar dari multiplex yang tidak terpaku langsung pada balok lantai, melainkan berbaring saja di atas strip-strip pelat serat (softboard) yang menghindari saluran suara.

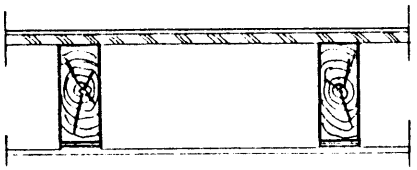


Lapisan lantai
Lantai dasar multiplex
Reng 3/5 cm
Pasir 5 cm
Lantai dasar di antara balok loteng

Gambar 7.46.

Menggunakan suatu lantai dasar di antara balok lantai. Di atas lantai dasar ini ditumpuk pasir bersih setebal minimal 5 cm. Di dalam pasir ini ditanamkan reng 3/5 cm

sebanyak 2 batang antara dua balok loteng tanpa hubungan langsung. Lantai dasar kedua kemudian dipaku pada reng-reng ini. Cara ini juga menghindari saluran suara dan oleh beratnya konstruksi oleh pasir jauh lebih efisien dari biasa, maka hasilnya penahan suara lebih manfaat.



Lapisan lantai
Lantai dasar multiplex

Pelat serat (softboard)
Langit-langit

Gambar 7.47.

Pemasangan langit-langit tidak langsung pada balok loteng, melainkan juga menggunakan strip-strip pelat serat (softboard). Akan tetapi hasil konstruksi ini tidak begitu memuaskan, karena selalu diadakan paku-paku yang menahan langit-langit yang tidak bisa dihindarkan, dan yang menembus strip-strip pelat serat sampai ke dalam balok loteng, jadi jalan langsung bagi suara.